



Net Zero Deforestation - NZD



Capacitación y fortalecimiento de las aptitudes técnicas del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Sucumbíos (GADPS) y de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) locales y organizaciones de la provincia.

## MANUAL DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (BÁSICO)



**JULIO - 2013**

La presente publicación se elaboró para ser revisada por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). La misma fue preparada por: Ing. Diego Fernando Pérez Vasco.



# Capacitación y fortalecimiento de las aptitudes técnicas del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Sucumbíos (GADPS) y de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) locales y organizaciones de la provincia.

## MANUAL DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (BÁSICO)

Esta publicación ha sido posible gracias al apoyo brindado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional en Colombia, Ecuador y Perú, bajo los términos del **contrato No. AM ANDINA 00280/2013**.

Net Zero Deforestation-NZD es implementado por un consorcio de empresas y organizaciones como: Amazon Conservation Team (ACT); Coordinadora de las Organizaciones Indígenas de la Cuenca Amazónica (COICA); Centro de Conservación, Investigación y Manejo de Áreas Naturales (CIMA); Federación Indígena de la Nacionalidad Cofán del Ecuador (FEINCE) y El Gobierno Provincial de Sucumbíos (GADPS).

### **Descargo de Responsabilidad**

Los contenidos y opiniones expresadas en este documento pertenecen al autor y no reflejan necesariamente las opiniones de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), el Gobierno de los Estados Unidos de América o TNC.

## Tabla de Contenidos

Tabla de Contenidos .....	iii
1. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SIG .....	1
1.1. El conocimiento humano del mundo.....	1
1.2. La percepción humana de las propiedades espaciales del mundo .....	2
1.3. Los mapas mentales .....	3
1.4. El lenguaje espacial.....	5
1.5. Investigando cuestiones geográficas.....	7
1.6. La importancia del conocimiento en los SIG .....	7
1.7. Lo espacial es un valor añadido.....	8
2. CONCEPTOS DE SIG.....	9
2.1. ¿Qué es la información geográfica?.....	9
2.2. Definiciones de SIG .....	11
2.3. Tecnologías de la Información Geográfica .....	12
2.4. Ordenadores e información .....	16
2.5. ¿Cómo reconocer qué es un SIG?.....	17
3. ¿Qué no son los SIG?.....	18
3.1. Sistemas, ciencia y estudio .....	18
3.2. La ciencia de la información geográfica .....	19
4. COMPONENTES Y FUNCIONALIDADES DE UN SIG.....	20
4.1. Componentes de un SIG .....	20
5. TRABAJANDO CON SIG .....	31
5.1. El proyecto SIG .....	31
5.2. El SIG en la organización .....	33
5.3. El experto en SIG.....	36
5.4. La formación en SIG.....	37
6. SOFTWARE SIG .....	39
6.1. El software SIG.....	39
6.2. La arquitectura del software SIG.....	40
6.3. Clasificación del software SIG.....	41
6.4. Tipos de software según su licencia .....	44
6.5. SIG web vs SIG de escritorio.....	46
6.6. El mercado del SIG .....	46
6.7. Sistemas de soporte a los SIG .....	47
7. EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE LOS SIG .....	48

Referencias.....	52
Referencias Web .....	53
Glosario de Términos.....	54
ANEXOS.....	55
Anexo I .....	55
Anexo II.....	58
Anexo III .....	59
Anexo IV .....	60
Anexo V.....	62

## 1. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SIG

### 1.1. El conocimiento humano del mundo

Antes de empezar a explorar el campo de los SIG deberíamos reflexionar sobre cómo percibimos el mundo que nos rodea. El conocimiento espacial se ocupa de cómo pensamos sobre el medio y del conocimiento que tenemos de las propiedades espaciales del mundo (Longley, 2001).

El mundo es espacial y, por ello, cualquier cosa puede tener una dimensión espacial. De hecho, el 80% de los datos de nuestra vida diaria son datos espaciales (por ejemplo un listín telefónico, los mapas de un periódico, ...) Además, muchos de nuestros problemas cotidianos son problemas espaciales: la manera de llegar al trabajo, la localización de los atascos, escoger el destino de un viaje, los residuos nucleares, las guerras, ... Los elementos del mundo son espaciales en esencia, y la humanidad es observadora de esta realidad, pero ¿el mundo es tal como es o tal como lo vemos? ¿O, tal vez, como lo percibimos? (Longley, 2001).

Observemos las 4 imágenes de la figura 1.1. Todas ellas corresponden al mismo lugar, la Isla Howland en el Océano Pacífico. Las 4 nos “cuentan” aspectos muy diversos. Nuestros intereses, medios, puntos de mira, etc. condicionarán la percepción que tengamos del espacio (Longley, 2001).

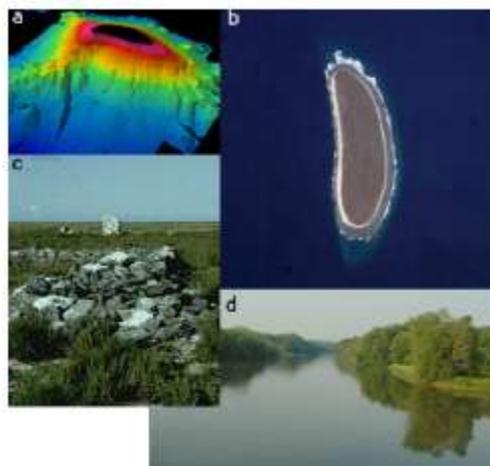


Fig. 1.1: Isla Howland (Océano Pacífico). Fuentes: (a) <http://www.fws.gov>; (b) <http://earthobservatory.nasa.gov> (c) <http://www.soest.hawaii.edu>; (d) <http://www.cayuganet.org>

## ***1.2. La percepción humana de las propiedades espaciales del mundo***

A escala humana, el mundo consiste en objetos, eventos y procesos que tienen el medio ambiente de fondo. Entender los fundamentos del mundo espacial es crucial para construir el conocimiento necesario para el estudio de los SIG. El conocimiento espacial se ocupa de las propiedades espaciales del mundo. El conocimiento humano de este mundo espacial incluye sensaciones y percepciones, pensamientos, imágenes, razonamientos y resolución de problemas, memoria, aprendizaje y lenguaje (Montello, 1995).

Las **propiedades espaciales** de los elementos del mundo son:

- Posición
- Tamaño
- Distancia
- Dirección
- Forma
- Textura
- Movimiento
- Relación entre objetos

Los objetos espaciales tienen una **posición**, por lo que pueden ser vinculados en algún lugar de la superficie de la Tierra utilizando, por ejemplo, coordenadas o direcciones postales (Montello, 1995).

Además, según sus dimensiones espaciales, los objetos pueden tener cierto **tamaño**: la longitud de una carretera, el área de un bosque o el volumen de una masa de agua.

La **distancia** y la **dirección** son también muy importantes como propiedades espaciales del mundo. ¿Qué distancia hay, por ejemplo, de Barcelona a Londres? Esto dependerá de la forma como se mida la distancia. Con una cinta métrica y un mapa podremos calcular la distancia exacta entre dos ciudades. ¿Pero eso realmente nos importa si lo que queremos es viajar en coche? ¿No sería más importante conocer cuánto tiempo vamos a

tardar en llegar, por ejemplo en avión, en tren o en coche? En este caso podríamos medir la distancia en horas (Montello, 1995).

Pero también puede ser interesante saber cuánto nos va a costar el viaje, ya que tal vez nos saldría más rentable coger un avión y hacer escala primero en Madrid. Aunque eso signifique ir otra dirección y aumentar la distancia, esta podría ser la opción más barata para llegar a Londres (Montello, 1995).

Para describir objetos se puede utilizar su **forma**, si es compacto, alargado, irregular, etc. Si analizamos la posición y la distancia de los objetos espaciales podemos distinguir diferentes **texturas**. Esto puede ser muy interesante para explorar la distribución espacial, por ejemplo de enfermedades, comportamientos en el voto o accidentes, con el objetivo de encontrar soluciones.

‘Conocer dónde se encuentran las cosas puede ser realmente importante en logística y transportes, donde el objetivo es el movimiento de bienes y personas de un lugar a otro y las infraestructuras que lo permiten’ (Longley et al, 2005)

Finalmente, la existencia o no de las **relaciones** entre los objetos puede ser crucial cuando nos basamos en problemas espaciales. Por ejemplo, en la detección de actividades criminales para la localización de estaciones de policía, puntos de agua en el caso de animales o comercios en el caso de consumidores potenciales (Longley, 2001).

### **1.3. Los mapas mentales**

Como ya hemos visto, el conocimiento espacial se basa en el conocimiento de las propiedades del mundo, incluyendo posición, tamaño, distancia, dirección, forma, textura movimiento y relaciones entre objetos. Si pensamos en estas propiedades espaciales del mundo nos surge la siguiente cuestión: ‘¿Cómo almacenamos esta información en nuestra mente? (Montello, 1995).

Los mapas mentales son representaciones internas del mundo y sus propiedades espaciales almacenadas en nuestra memoria (‘¿qué hay fuera de aquí, cuáles son sus

atributos, dónde estamos o cómo llegar a aquel punto?'). Estos mapas mentales son personales, propios y distintos para cada individuo, representan un lugar desde una perspectiva individual (Longley, 2001).

Un mapa en nuestra mente no es un mapa cartográfico, ya que su representación no es unitaria, los elementos no están a escala ni está integrado en su totalidad. Consiste en piezas discretas (elementos, rutas o regiones) que se determinan según nuestros límites físicos, perceptivos o conceptuales (Longley, 2001).

Las distorsiones en los mapas mentales nos dan información de las propiedades del mundo real. Pero ¿acaso podríamos definir la precisión del conocimiento? (Burrough, 1998)

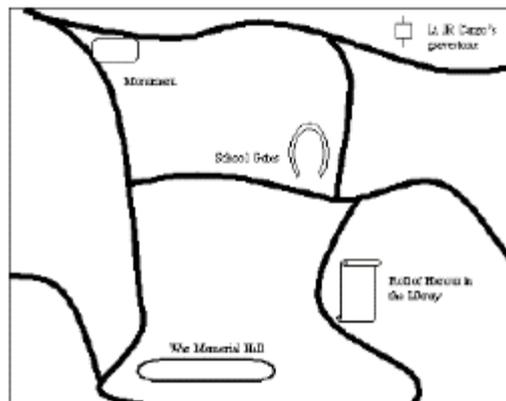


Fig. 1.2: Ejemplo de mapa mental. Fuente: UNITEC, 2002

De esta forma, algunos elementos que son de pequeño tamaño en la realidad, el banco de una plaza o la gravilla en el patio de una escuela, serán dibujados grandes en el mapa porque son significativos por el individuo. En cambio otros elementos que son de gran tamaño en la realidad, como la escuela o la iglesia, serán dibujados pequeños, o no aparecerán en el mapa, porque no son del todo relevantes. La gente de una misma región pueden tener diferentes mapas mentales de la misma área y de qué hay en ella, dependiendo de lo observadores que son, cuánto tiempo vivieron en ella, qué significado tienen las características locales para sus habitantes (Longley, 2001).

Las distorsiones en nuestro conocimiento se reflejan en algunos ejemplos típicos. En la alineación de continentes, por ejemplo, pensamos que Suramérica se encuentra, tal como su nombre indicaría, al Sur de América, cuando en realidad está al Sureste. Las intersecciones y barreras en las carreteras aumentan las distancias aparentes entre lugares. Los giros se recuerdan como ángulos rectos y las curvas normalmente se hacen rectas (Burrough, 1998).

#### ***1.4. El lenguaje espacial***

La información espacial suele ser transmitida de forma verbal. Lo hacemos cuando indicamos a alguien la ruta para llegar a un punto de destino, a partir de términos espaciales cuantitativos (cien metros o una hora), y/o términos espaciales de localización (aquí, allá, derecha, izquierda) (Burrough, 1998).

Cuando nos expresamos en lenguaje espacial normalmente estamos traduciendo un conocimiento espacial no-verbal que puede alterar la información. El lenguaje espacial suele utilizar preposiciones, que acostumbran a ser difíciles de traducir a otro idioma, y expresa información cuantitativa poco precisa, ya que las localizaciones generales o las conexiones son más importantes (Burrough, 1998).

En la figura 1.3 vemos un mapa mental y esquemático de la localización de una fiesta. Es un buen ejemplo de cómo utilizamos un mapa como modelo de la realidad, en este caso para identificar el camino a una fiesta. Como se observa, el mapa es una abstracción de la realidad: la realidad ha sido simplificada para transmitir sólo la información útil para encontrar el lugar en donde se encuentra la fiesta. De esta manera, los anfitriones han construido un modelo espacial simple y efectivo (Burrough, 1998).



Fig. 1.3: Mapa esquemático de la localización de una fiesta. Fuente: UNIGIS Girona.

La efectividad de los mapas depende de los conocimientos que se asume que tiene el usuario. En el caso de la figura 1.4 se supone que sabemos leer castellano, que entendemos algunos símbolos, etc. Por otro lado, el autor del mapa también asume que éste sólo sirve para ayudar a sus invitados a encontrar la fiesta. Los conocimientos asumidos y el uso apropiado de los modelos espaciales son dos temas centrales en la aplicación práctica de las tecnologías SIG (Longley, 2001).

Si nos hemos “perdido” en una ciudad y preguntamos a alguien cómo llegar a cierto punto, a no ser que tengamos un mapa a mano, nos tendrán que indicar la dirección correcta mediante el lenguaje oral. En el caso de las indicaciones verbales, la persona que da orientaciones a otra de cómo llegar a un lugar asume ciertas habilidades de comprensión en la persona que le ha preguntado (Longley, 2001).

Dependiendo de cómo nos ha indicado la persona a la que hemos preguntado, y de nuestra habilidad de observación y orientación, llegaremos al punto de destino o no. Pero ¿qué son unas buenas indicaciones y qué no? ¿Las marcas del terreno y las acciones “gira a la derecha” o una descripción exhaustiva del espacio? ¿Cómo nos ayudan los gestos y los mapas en las indicaciones? ¿Cómo se combinan con las palabras? ¿Qué nivel de concreción es el mejor? ¿Debemos indicar también cómo corregir la dirección en el caso de pasarse el cruce? Observamos que hay muchas ambigüedades en las direcciones verbales. ¿Qué es

una “manzana”? ¿Qué es una “intersección”? ¿Qué es “girar a la derecha” cuando cinco calles se juntan? (Longley, 2001).

### **1.5. Investigando cuestiones geográficas**

Los procesos de investigación pueden también aplicarse mediante la formulación de preguntas geográficas: ¿Qué hay dónde?, ¿Dónde se encuentra algo?, ¿Por qué esto está aquí?, ¿Por qué no está en otra parte?, ¿Dónde están sus límites?, ¿Dónde está algo en relación a otros del mismo tipo?, ¿Qué tipo de distribución siguen?, ...

Las cuestiones sobre “*el dónde*” de los objetos espaciales se hacen para fomentar el pensamiento y la abstracción en el aprendizaje. Y las respuestas a estas preguntas a veces implican la creatividad en la integración, modificación o manipulación de diferentes cantidades de información (Longley, 2001).

Según Nyerges (1997) los **problemas geográficos** se pueden categorizar según en qué se basan:

- Localización y extensión.
- Distribución y textura o forma.
- Asociación espacial.
- Interacción espacial.
- Cambio espacial.

Con la finalidad de responder a estas cuestiones, la investigación geográfica requiere de la práctica individual, de las aptitudes de observación, definición, clasificación, análisis, deducción, razonamiento, integración, y asociación al problema.

### **1.6. La importancia del conocimiento en los SIG**

A menudo los SIG son complicados de usar de forma efectiva y eficiente, de hecho pocas veces se utiliza todo su potencial. Se trabaja con aplicaciones que cuestan más tiempo y dinero, son más complicadas de usar de lo que deberían, y no llevan a cabo la totalidad de los procesos (Longley, 2001).

El conocimiento está relacionado con tres de las principales funciones de los SIG: almacenaje, representación y análisis de los datos referenciados. Las limitaciones y problemas de los SIG podrían ser mejorados poniendo especial énfasis en el conocimiento

humano. Es decir, la forma como el ser humano adquiere, razona y comunica el conocimiento mediante los SIG (Burrough, 1998).

El **estudio del conocimiento** es sobre el saber, su adquisición, almacenamiento, recuperación, manipulación y utilización por los humanos y otras criaturas inteligentes. El conocimiento incluye la percepción, el pensamiento, el razonamiento, la resolución de problemas, la memoria, el aprendizaje y el lenguaje. Las estructuras y los procesos del conocimiento son parte de las mentes, van del cerebro al sistema nervioso en el interior de los cuerpos de este mundo físico y social (Burrough, 1998).

Algunos ejemplos de objetivos de conocimiento en SIG son:

- Cómo las personas, expertas o no, conceptualizamos y razonamos sobre el espacio geográfico.
- Cómo tienen que ser diseñados y pensados los sistemas para apoyar los diferentes usuarios o usuarias.
- Cómo la gente expresa la información espacial en el lenguaje natural.
- Cómo puede usarse este lenguaje natural para mejorar la comunicación con el SIG (por ejemplo: las indicaciones del navegador del coche).
- Cómo tendrían que ser diseñadas las interfaces para promover la comunicación precisa y eficiente de la información geográfica, como la escala, la incertidumbre y las estructuras de redes.

### ***1.7. Lo espacial es un valor añadido***

¿A qué nos referimos cuando afirmamos que la perspectiva espacial es un valor añadido para diferentes disciplinas? (Montello, 1995)

La **perspectiva espacial** añade interés, fiabilidad y efectividad debido a que facilita los procesos al suministrar información real sobre la localización de los recursos, y porque permite filtros, alteraciones y creación de nueva información (Burrough, 1998).

¿Por qué es tan importante la IG? Porque todo lo que ocurre en el mundo tiene lugar en algún sitio. Y además, el conocimiento de dónde ocurre es sumamente importante, por ejemplo: los límites de un país, la localización de los hospitales, las rutas de reparto, la gestión forestal, encontrar fondos para la defensa de los océanos (Burrough, 1998)..

La localización en el espacio es un objetivo que puede resolver muchos problemas de la sociedad actual. Algunos son tan rutinarios que ni los apreciamos: la cuestión diaria de qué ruta escoger, recibir direcciones mientras conducimos, escoger un hotel, etc. Otros son tan relevantes que afectan a millones de personas, como el desmantelamiento de la antigua Unión Soviética (Burrough, 1998).

Los problemas que incluyen aspectos espaciales, aunque sea en la información que permite su solución o en los resultados obtenidos, son considerados espaciales o geográficos.

Podemos decir que *lo espacial es especial* porque:

- Todos los elementos del mundo pueden definirse por su posición.
- El componente espacial es esencial en variedad de disciplinas.
- El trabajo con información espacial conlleva decisiones únicas, complejas y difíciles.

Como consecuencia de esto, la información geográfica ha propiciado el crecimiento de una importante industria especializada y las universidades ofrecen cursos diseñados específicamente en ciencias y sistemas de la información geográfica (Burrough, 1998).

## 2. CONCEPTOS DE SIG

### 2.1. ¿Qué es la información geográfica?

La información geográfica es información sobre un elemento en la superficie de la Tierra, es el conocimiento sobre 'dónde' está algo o 'qué hay' en un determinado lugar.

Características de la información geográfica, que la hacen tan especial:

- Es **multidimensional**: mediante dos coordenadas puede definirse cualquier posición (x,y o latitud, longitud).
- Normalmente es relativamente **estática** -las características naturales y muchas características de origen humano no suelen variar rápidamente.
- Dependiendo de la **resolución geográfica** la IG puede ser muy detallada (por ejemplo, información sobre la localización de todos los edificios en una ciudad, o sobre cada uno de los árboles en un bosque) o muy genérica (como información

sobre el clima en una gran extensión, o la densidad de población en un país entero)  
(Montello, 1995)



**Fig. 2.1:** La resolución geográfica determina el nivel de detalle de la información geográfica, desde cada uno de los árboles de un bosque a información de grandes superficies. Fuentes: <http://giscadblog.blogspot.com>, [www.gis.com](http://www.gis.com)

- Puede ser muy **voluminosa** –por ejemplo: un solo satélite emite cada día un volumen de datos del valor de un terabyte. Se necesitan varios gigabytes de datos para describir el callejero de una gran ciudad.
- Puede ser representada en diferentes **formatos digitales**, que pueden influenciar los análisis y los resultados.
- Debe ser **proyectada** a menudo en una superficie plana.
- El **análisis** de la IG requiere métodos especiales y conlleva un tiempo.
- Aunque la mayoría de la información geográfica es estática, el proceso de **actualización** es viable, pero complejo y caro.
- Visualizar la IG en formato de **mapas** requiere la recuperación de gran cantidad de datos.

Cuando la Información geográfica es expresada en formato digital, la información está codificada en un alfabeto que utiliza solamente dos valores o bits: 0 y 1. De esta forma los datos son representados como secuencias de bits. Cuando creamos un paquete de información geográfica en formato digital, éste se parece a cualquier otro paquete de información. Con la misma tecnología se pueden manejar muchos tipos de información (Montello, 1995).

Por ejemplo: un CD puede almacenar palabras, números, mapas, sonidos,... En la actualidad, a través de Internet, se puede transmitir cualquier tipo de información.

## **2.2. Definiciones de SIG**

El término de sistema de información tiene diferentes significados:

- a) Un sistema que puede ser automatizado o manual, que comprende personas, máquinas y otros métodos organizados para la recopilación, procesado, transmisión y distribución de datos que representan información de utilidad.
- b) Un equipo informático o de telecomunicaciones o sistema interconectado que se utiliza para la adquisición, almacenaje, manipulación, gestión, movimiento, control, representación, intercambio, transmisión o recepción de voz o datos, que incluye software y hardware.

La geografía se define como el estudio de la Tierra y las sociedades.

### **SI + G = ¿SIG?**

Los SIG son en esencia sistemas de información, pero ¿qué tecnologías son llamadas SIG, y cómo estas consiguen sus objetivos?, ¿Hasta qué punto es un SIG más que una tecnología, y por qué atrae tanto interés como tema de revistas científicas y conferencias en los últimos años? (Montello, 1995).

A lo largo del tiempo se han propuesto diferentes definiciones de SIG, pero ninguna de ellas ha sido completamente satisfactoria. En la actualidad las diferentes definiciones de SIG se basan en el software, los datos, las comunidades SIG o al hecho de trabajar con SIG. Escoger un concepto u otro depende del contexto en el que se usa (Montello, 1995).

Chrisman (2003) define los SIG según las funciones que permiten, de modo que define los SIG como las acciones organizadas con las que las personas miden aspectos de fenómenos y procesos geográficos, los representan para enfatizar temas espaciales, entidades y relaciones, operan bajo estas representaciones, descubren nuevas relaciones mediante la integración de diferentes fuentes y transforman estas representaciones.

Burrough (1998), en cambio, recoge definiciones basadas en tres categorías (Montello, 1995):

- Una poderosa 'caja de herramientas' para la recolección, almacenaje, recuperación, transformación y visualización de datos del mundo real.
- Un sistema de bases de datos en el que la mayoría de datos están indexados geográficamente y con los que se pueden realizar un conjunto de procedimientos con el objetivo de dar respuesta a consultas sobre entidades espaciales en la base de datos.
- Una entidad institucional con estructura organizacional que integra tecnología con bases de datos, expertos y ayuda económica continuada.

Además los SIG pueden ser definidos dependiendo de los grupos de personas que los Utilizan (Carter, 1989):

- Un contenedor de mapas digitales (el público general).
- Un conjunto de herramientas para la resolución de problemas geográficos (gestores, planificadores).
- Un sistema de ayuda para la toma de decisiones espaciales (gestores científicos e investigadores).
- Un inventario mecanizado de capas geográficamente distribuidas y servicios (gestores de recursos, responsables de logística).
- Una herramienta para la demostración de aquello que es invisible en la información geográfica (científicos e investigadores).
- Una herramienta para llevar a cabo operaciones con datos espaciales que de hacerse manualmente serían demasiado pesados, costosos o imprecisos (gestores de recursos, planificadores, cartógrafos).

### ***2.3. Tecnologías de la Información Geográfica***

Las Tecnologías de Información Geográfica (TIG) son tecnologías útiles para la obtención y el procesado de información geográfica. Existen diferentes tipos de tecnologías (Carter, 1989):

- Sistemas Mundiales de Navegación por Satélite (GNSS)
- Teledetección y sensores remotos
- Sistemas de Información Geográfica (SIG)

### a) Sistemas Mundiales de Navegación por Satélite (GNSS)

Los GNSS (*Global Navigation Satellite System*) son sistemas de satélites utilizados para determinar la posición geográfica de un usuario receptor en cualquier lugar del mundo. Actualmente el más conocido de los sistemas es el GPS, o Sistema de Posicionamiento Mundial (Carter, 1989).

El GPS es un sistema de 24 satélites en órbita con trayectorias sincronizadas que cubren la superficie de la Tierra (ver figura 2.2). Proveen señales disponibles en cualquier parte de la Tierra, las 24 horas del día, pudiendo ser utilizado para determinar el momento preciso y la posición de un receptor GPS en tres dimensiones (Carter, 1989).

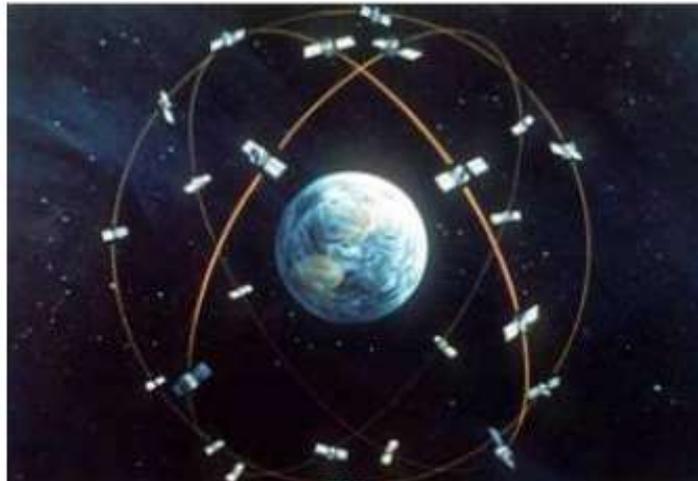


Fig. 2.2: Sistema de satélites GPS. Fuente: <http://ciencia.hsw.uol.com.br/>

El GPS fue fundado y controlado por el Departamento de defensa de los Estados Unidos, pero puede ser utilizado por ciudadanos para georreferenciar posiciones, para la navegación y para el control de tiempo y frecuencia. Actualmente Rusia tiene un sistema propio llamado GLONASS y la Unión Europea, mediante el programa GALILEO, está en fases de desarrollo de un nuevo sistema independiente, previsto para los próximos años. Cada uno de estos sistemas emplea una constelación propia de satélites que orbitan la Tierra y trabajan en conjunción con una red de estaciones fijas en la superficie terrestre.

Las señales son recibidas por el usuario a través un aparato electrónico especial. Actualmente existen en el mercado aparatos portátiles de pequeño tamaño. A través de este aparato obtienen mediciones de posiciones en la superficie terrestre. La localización es expresada en latitud y longitud, u otro sistema estándar, que veremos más adelante en este mismo módulo (Carter, 1989).

El uso del GPS está aumentando como sistema de obtención de datos en los Sistemas de Información Geográfica para la localización precisa de los datos espaciales y la obtención de datos de campo. El uso efectivo de un sistema GPS necesita aprendizaje, un equipamiento apropiado y conocimiento de las limitaciones del sistema (Carter, 1989).

### **b). Teledetección y sensores remotos**

La Teledetección o percepción remota es la técnica que permite la obtención de información de la superficie terrestre a partir del análisis automático de los datos obtenidos de forma remota. Las imágenes de satélite, fuente de datos para la teledetección, son capturadas a través de sensores (Carter, 1989).

Los sensores remotos, situados en los satélites que orbitan la Tierra, se utilizan para capturar información sobre la superficie terrestre y la atmósfera. Los sensores varían según el nivel de detalle que permiten visualizar, y el rango del espectro electromagnético que detectan. Las señales son transmitidas a estaciones receptoras en la Tierra, donde son transformadas y difundidas como imágenes digitales (Carter, 1989).

En la figura 2.3 vemos representadas Imágenes del satélite LandSat-7. Interpretar la información que ofrecen no siempre es fácil. A la izquierda el Mt. Etna, situado en la isla Italiana de Sicilia, uno de los volcanes más activos del mundo. En esta imagen del 2001 se observa el volcán en erupción, la salida de humo del cráter y el avance de lava oscura por sus pendientes. En la imagen de la derecha vemos el desierto de Atacama, en el norte de Chile, uno de los más secos en el pie de los Andes. Aquí confluyen pequeños lagos de sal con sedimentos minerales que dan lugar a volcanes blancos (Carter, 1989).

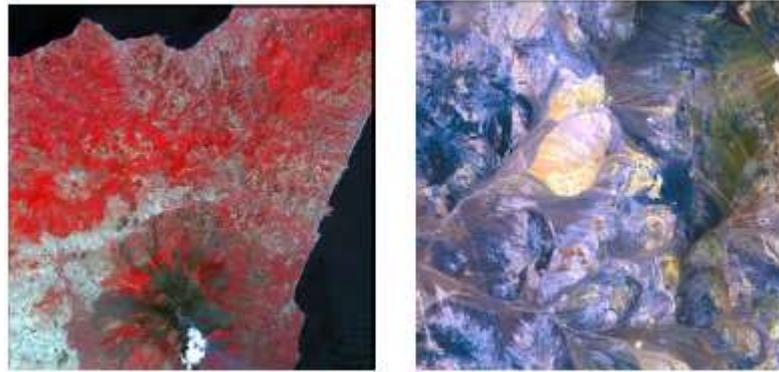


Fig. 2.3: Imágenes del satélite LandSat-7. Fuente: <http://earthasart.gsfc.nasa.gov>

### c). Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los SIG son sistemas para la entrada, almacenaje, manipulación y salida de información geográfica. Los SIG se consideran también una clase de software. Un ejemplo práctico de un SIG combina software con hardware, datos, usuarios y procedimientos. Los SIG demuestran su especial efectividad en resolver problemas, al servir de soporte para la toma de decisiones y ayudar a la planificación (Carter, 1989).

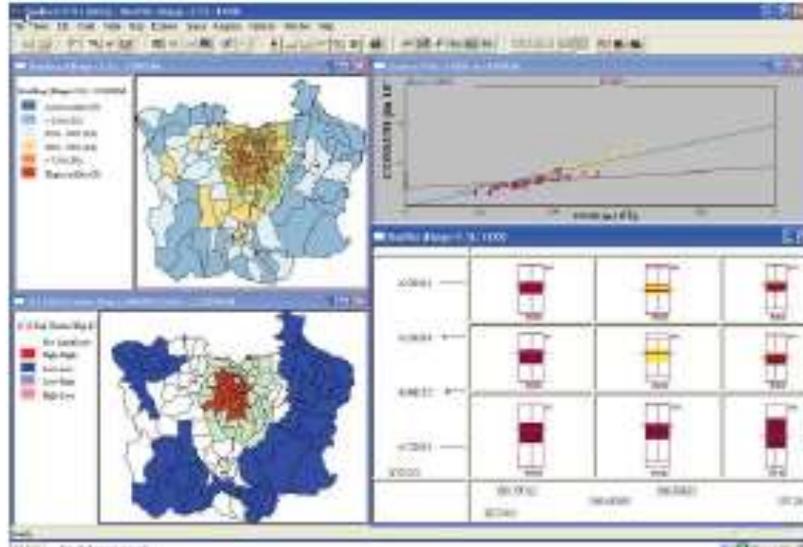
Un SIG es una clase específica de sistema de información. Los sistemas de información son utilizados para manipular, resumir, consultar, editar, visualizar, de forma general, para trabajar con información almacenada en bases de datos informatizadas. Por ejemplo: los sistemas de información utilizados por las aerolíneas y las agencias de viajes para las reservas, el check in de los pasajeros, etc (Carter, 1989).

Un **sistema de información** es un conjunto de funciones o componentes interrelacionados que forman un todo, es decir: obtiene, procesa, almacena y distribuye información (datos manipulados) para apoyar la toma de decisiones y el control en una organización. Igualmente apoya la coordinación, análisis de problemas, visualización de aspectos complejos, entre otros aspectos (Carter, 1989).

Los SIG utilizan información espacial sobre *qué* y *dónde* en la superficie terrestre. Esta información será manipulada en los ordenadores según su tipología:

- números: suma, resta, multiplicación
- texto: procesadores de texto, creación, edición, envío, recepción

- imágenes: procesadores de imagen
- listas, tablas: hojas de cálculo
- mapas e imágenes de la superficie terrestre: en SIG.



**Fig. 2.4:** Imagen de un SIG. Fuente: [www.gis.com](http://www.gis.com)

#### ***2.4. Ordenadores e información***

El ordenador, considerado como uno de los inventos más importantes del siglo XX, se diseñó para recibir un conjunto de instrucciones y ejecutarlas realizando cálculos sobre los datos o compilando y correlacionando diferentes tipos de información (Burrough, 1998).

La utilización de la tecnología en el tratamiento y la resolución de problemas espaciales abren nuevas oportunidades. Entre otras ventajas, las tecnologías permiten la facilidad de almacenaje, actualización, consulta, manipulación, copia y visualización de la información (Burrough, 1998).

Los SIG permiten realizar estas operaciones de forma más fácil y efectiva.

En la actualidad todos los tipos de información están siendo manipulados mediante ordenadores. Sin duda, tener un mismo modo de acceso a toda la información es una ventaja.

Un sistema que permite este acceso actualmente es, por ejemplo Internet (más concretamente las nuevas tendencias alrededor de Web 2.0).

### ***2.5. ¿Cómo reconocer qué es un SIG?***

Una vez tenemos claro lo que es un SIG, cabe plantearse cómo vamos a reconocerlo. Esta cuestión puede tener dos significados distintos (Burrough, 1998).

- El SIG es un sistema aplicado a una realidad, incluyendo hardware, datos, software y las personas necesarias para resolver un problema. El hardware en un SIG es como el de cualquier sistema (teclado, monitor, cables, conexión a Internet, etc.), y puede tener algunos otros componentes más específicos (grandes impresoras y *plotters* para las salidas, escáneres para la captura de datos a partir de mapas, digitalizadores, etc.). Pero no todos los SIG necesitan estos componentes de hardware. Lo importante es el tipo de información que se almacena, es decir, el contenido de mapas e imágenes. De esta forma, podemos reconocer que un sistema es un SIG porque los datos que almacena incluyen información espacial. El SIG además incluye herramientas para manipular esta información, y permite funciones especiales para trabajar con la información geográfica, como visualizar en pantalla, editar, modificar, transformar, medir distancias y áreas, combinar mapas, etc. Pueden permitir también otras funciones más sofisticadas como mantener inventarios, gestionar propiedades, juzgar lo apropiado de los propósitos en diferentes áreas, ayudar a los usuarios a tomar decisiones sobre lugares para planificación, hacer predicciones sobre el futuro. Estas funciones más especializadas requieren técnicos expertos en SIG para llevarse a cabo.
- El SIG es un tipo de software. En este caso, las funciones del SIG son parte de este software. El usuario combina el software con sus propios datos y realiza diferentes funciones. Este software ha sido probablemente suministrado por una compañía especializada en SIG. El precio de este tipo de software puede variar entre los \$60 y los \$ 60.000. En la actualidad existen diferentes proveedores de software SIG, algunos especializados en SIG y otros que ofrecen SIG como uno más de sus productos en el mercado. También existen alternativas de SIG basados en licencias de software libre, que se analizarán más adelante en este módulo.

### 3. ¿Qué no son los SIG?

En este punto podríamos ser capaces de definir los SIG. ¿Pero sabríamos diferenciar qué no lo es?, ¿Qué no son los SIG? (Burrough, 1998).

- Los SIG no son solamente sistemas para generar mapas.
- Los SIG no son un objetivo general de los sistemas gráficos informáticos.
- Los SIG ofrecen mucho más que un sistema CAD.
- Los SIG no son un planificador de rutas.
- Los SIG hacen más que recopilar información geográfica existente.

Un SIG puede producir impresionantes mapas profesionales con fantásticos símbolos, a diferentes escalas y proyecciones. Pero un SIG puede hacer mucho más que eso. En realidad, un SIG nunca presenta mapas de forma convencional, sino como una base datos de coordenadas o una colección de celdas. A partir de esta base de datos podemos producir mapas en el momento que se requiera. Además de la producción y almacenamiento de mapas, un SIG puede manipularlos, debido a que los datos están almacenados en forma de modelo del mundo real, a diferencia de los mapas convencionales (Burrough, 1998)..

Algunos SIG se han desarrollado a partir de los sistemas CAD (*Computer Aid Design*), que permiten el modelado de entidades como edificios o circuitos eléctricos. Pero los CAD no requieren el mismo volumen de datos que los SIG, debido a que no permiten el modelado de la geografía.

Los SIG no son solamente un planificador de rutas, porque pueden contener información en las destinaciones, las necesidades empresariales y características. Además, pueden permitir la gestión del negocio, así como de personas y lugares (Burrough, 1998)..

Un SIG puede producir nueva información mediante la combinación de información existente en diferentes formas. Esta información añadida puede ser de gran utilidad. Los mapas son solamente un método de representación de la información, pero los SIG permiten otros, que sirven de ayuda a los procesos de toma de decisiones.

#### 3.1. Sistemas, ciencia y estudio

Después de años de intenso debate, la comunidad científica está aún dividida entre aquellos que defienden la existencia de las ciencias de la información geográfica, y

aquellos que perciben los SIG como meras herramientas para la resolución de problemas. A continuación se comenta el porqué de este interesante debate.

El problema empieza al formular la siguiente cuestión: ¿Qué significa 'estoy haciendo SIG'? (Chrisman, 2003)

El significado de esta pregunta puede ser:

- 'estoy utilizando las herramientas de los SIG para solucionar un problema'.
  - 'contribuyo a construir las herramientas', añadiendo funcionalidades a la tecnología de información geográfica, o desarrollando o inventando nuevas herramientas.
  - 'estudio la teoría y conceptos relacionados con los SIG y las otras tecnologías de información geográfica'. Según esto último, existiría el SIG como ciencia (Chrisman, 2003).
- Para los defensores de la Ciencia de la IG, el término SIG se formula a partir de la suma de las 3 perspectivas: Sistemas, Ciencia y Estudio (*Systems, Science and Studio*).



Fig. 2.5: Las tres perspectivas SIG. Fuente: Adaptado de Longley et al., 2005

### 3.2. La ciencia de la información geográfica

La ciencia de la información geográfica es aquella que está detrás de la tecnología. Considera cuestiones basadas en el uso de los sistemas y las tecnologías. Es un campo multidisciplinario, ya que se nutre de diferentes disciplinas: cartografía, geodesia, fotogrametría, y recientemente se consideran otras áreas, como la estadística espacial o la psicología cognitiva (Chrisman, 2003).

Las grandes **cuestiones de la Ciencia de la IG:**

- La representación de la superficie terrestre y las relaciones que se establecen entre esta representación y el usuario.
- Modelos de datos y estructuras, eficiencia y interoperabilidad.
- Visualización de datos geográficos.
- Herramientas de análisis de datos especiales.

El Consorcio de Universidades por la Ciencia de la Información Geográfica ([www.ucgis.org](http://www.ucgis.org)) es un grupo fundado en 1991 de más de 30 universidades y asociaciones profesionales para la promoción de la Ciencia de la IG (Chrisman, 2003).

***Ejercicio para Unidades 1, 2 y 3: Ir a anexo I***

## 4. COMPONENTES Y FUNCIONALIDADES DE UN SIG

### 4.1. Componentes de un SIG

Las seis partes fundamentales de un SIG son:

- Tecnología
- Datos
- Métodos
- Organizaciones
- Cuerpo de ideas
- Red

Sin embargo, estas no son meras ramificaciones del estudio de los SIG. Si piensas en ello con detalle, cualquier uso de un SIG debe, necesariamente, incluir cada uno de estos componentes. No son componentes de un campo de aprendizaje, sino del proceso de diseño, creación y manejo de un SIG. Es por este motivo que en nuestro proceso de aprendizaje sobre los SIG trataremos detenidamente cada uno de estos temas, aplicaremos técnicas o métodos, y adquiriremos conocimientos sobre cada una de estas cinco áreas de estudio (Chrisman, 2003).

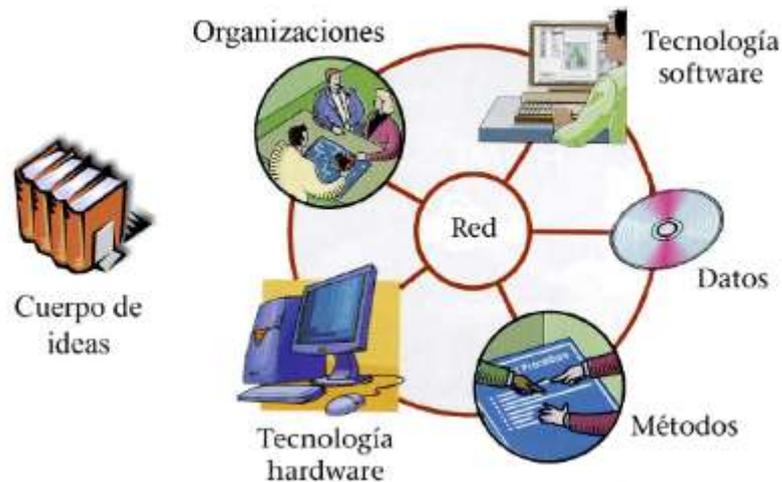


Fig. 3.1: Los componentes del SIG. Fuente: Adaptado de Longley et al., 2005

### a) Tecnología

La tecnología es un componente del SIG, que viene definido por el software y el hardware. Esto incluye un conjunto de procesos que son la base de un **software** SIG, que consisten en una serie de algoritmos que sirven para acceder, presentar, analizar y sintetizar los datos almacenados en la base de datos, en función de sus atributos espaciales y también no espaciales. Relacionado con estos procesos hay otros para la gestión de datos, para la extracción de información de una base de datos, para la visualización y para llevar a cabo otras funciones, así como la importación y exportación de los datos. Esto se encuentra integrado en un sistema operativo particular y se usa junto a otros programas en una misma sesión normal del ordenador.

Para su correcto funcionamiento la tecnología necesita:

- Herramientas para la entrada y manipulación de información geográfica.
- Un sistema de administración de datos (DBMS Data Base Management System).
- Herramientas que soporten consultas, análisis y visualización de elementos geográficos.
- Una interfaz gráfica de usuario que facilite el acceso a las herramientas mencionadas antes.

El **hardware** se centra en la plataforma informática y tiene dispositivos periféricos de entrada y salida. Esto incluye aparatos de lectura convencionales que permiten la transferencia de archivos, así como los mecanismos de red, junto a aparatos de salida como por ejemplo las impresoras. Además, incluye dispositivos específicos utilizados en aplicaciones SIG y que sirven para la entrada y salida de mapas a formatos analógicos y desde formatos analógicos (Chrisman, 2003).

### ***b). Datos***

Los datos son la parte del SIG mediante la cual representamos la realidad y a su vez, nos permiten enlazarla a situaciones y aplicaciones específicas. Los datos son una abstracción de la realidad y los almacenamos como códigos digitales en bases de datos. Entender lo que esto quiere decir requiere tener algún conocimiento sobre lo que se ve implicado en el proceso de abstracción y la tecnología de base de datos. Para que un SIG funcione debemos incurrir en procesos (que pueden ser complejos) de transferencia y acceso a los datos. Lo cual implica que debemos mantener y asegurar la calidad de los datos almacenados en la base de datos y considerar la relación que existe entre los datos, la tecnología y los métodos.

Comas y Ruiz (1993) para definir el concepto de datos espaciales proporcionan una definición concisa y útil (Chrisman, 2003):

“Los **datos** son la representación concreta de hechos y constituyen el antecedente necesario para el conocimiento. La **información** se obtiene para una finalidad determinada y es fruto de un proceso interpretativo”.

Una vez identificados los objetos del modelo del mundo real, por medio de los datos se identifican las propiedades que lo forman a través de sus atributos o elementos descriptivos, el tipo de geometría y el elemento espacial.

Los principales componentes del Sistema de Información relacionados con los datos son los de entrada de datos, las bases de datos espaciales y no espaciales y los sistemas de control de calidad. En este punto, es importante destacar que, además de las entidades puramente tecnológicas, también interviene el factor humano (Chrisman, 2003).

### ***c). Métodos***

Los métodos son procedimientos independientes o normas para llevar a cabo diferentes tareas relacionadas con el diseño, creación y funcionamiento de los SIG.

Hay métodos específicos para el análisis espacial, la manipulación de datos, el diseño de una base de datos, el análisis de las necesidades de los usuarios, la interpretación de mapas, etc (Chrisman, 2003).

Cada proceso tiene un método y éste es el que determina el procedimiento lógico y las especificaciones de cada acción.

El método tiene la finalidad de establecer la estructura de un SIG y en concordancia con ello implementar aplicaciones que sustenten la toma de decisiones. Es el método el que determina la calidad del resultado obtenido o de la acción que hemos llevado a cabo. Por ello, el método es la clave de todo en las operaciones SIG, y entre otras cosas, será lo que determinará el éxito o fracaso del proyecto (Chrisman, 2003).

### ***d) Organización***

Un SIG sólo tiene sentido en el contexto de una organización. La organización está formada por una gran variedad de componentes, pero nosotros la definimos como el conjunto de objetivos, procesos, gestión, operadores y personal.

Antes de definir el SIG de una organización debemos prestar especial atención al proceso de gestión, los operadores y el personal, pues todos estos factores tienen una repercusión directa sobre el sistema que diseñaremos, cómo lo implantaremos y los mecanismos de control que se deberían seguir (Chrisman, 2003).

### ***e). Cuerpo de ideas***

El cuerpo de ideas que se esconde detrás de los SIG es el conjunto de ciencias, procesos, etc. que determinan el avance, el desarrollo y uso de los SIG. Dentro del cuerpo de ideas que yace tras el desarrollo del hardware debemos contemplar la ingeniería, las matemáticas y la física (Smith, 1987).

Por lo que hace referencia al software, debemos considerar la geomática<sup>2</sup> el procesamiento de datos, las bases de datos y el análisis espacial, entre otros. Detrás de los temas de organización, están las teorías de gestión, el diseño de sistemas, el comercio, la sociología, la psicología, la psicofísica y la ergonomía, entre otros. Los métodos se apoyan en el cuerpo teórico de varias ramas de la ciencia como la sociología, la gestión, el comercio, etc.

### **f). Redes**

La red es cada vez más considerada un componente fundamental de los SIG, ya que permite la comunicación y compartir información de forma rápida y eficaz. Los SIG aparecen con fuerza en las redes, ya sea en Internet o en las intranets de las organizaciones.

Internet fue diseñado como una red de conexión entre ordenadores, pero en la actualidad se está convirtiendo en el mecanismo social de intercambio de información.

No es ningún secreto que en los últimos años Internet ha tenido un fuerte impacto en la tecnología, la ciencia y la sociedad (Smith, 1987).

Las ventajas de las redes en el campo de la geografía son numerosas, al poder visualizar, consultar y analizar información espacial sin necesidad de instalar ningún software o descargar grandes cantidades de datos (Smith, 1987).

La relación de la IG con Internet ha evolucionado con rapidez en pocos años dando lugar a gran variedad de aplicaciones, algunas con el objetivo de repartir información, para vender productos, para participación ciudadana en debates, etc. Además, Internet está siendo muy útil en la distribución de software y aplicaciones SIG, así como para la distribución de datos geográficos mediante los llamados *geoportales* (Smith, 1987).

### **3.2 Funcionalidades de un SIG**

Las tareas más importantes asociadas a un SIG son la selección, la adquisición y la conversión de los datos en formato digital (Smith, 1987).

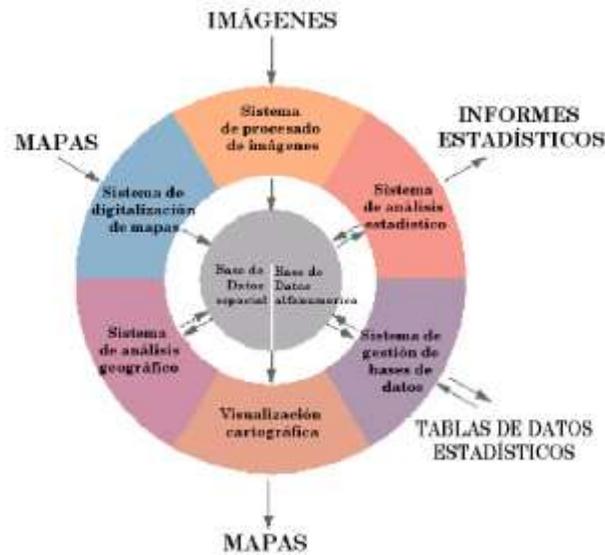


Fig. 3.2: Funcionalidad de un SIG. Fuente: Adaptado de Eastman, 1999

#### a). *Entrada de datos*

Para trabajar con información, primero necesitamos de información. Existen diferentes maneras de capturar datos espaciales. Según el modo de adquisición, diferenciamos dos tipos de datos (Smith, 1987):

- **Los datos primarios** son aquellos que son generados por un individuo u organización con la finalidad principal de usarlos ellos mismos. Normalmente han sido adquiridos siguiendo unas especificaciones (escala y resolución, clasificaciones y niveles de agregación, etc). Los datos primarios requieren trabajos intensos de recogida y conversión. Por ello, generalmente tendrán mayor calidad para las aplicaciones específicas, pero tendrán mayores costes de producción.
- **Los datos secundarios** son datos obtenidos a través de distribuidores externos. Por fortuna, las bases de datos digitales disponibles han aumentado los últimos años. Una forma eficiente de implementar un SIG es limitar, desde un principio, la cantidad de tiempo y dinero necesario para desarrollar las bases de datos. De una forma bastante sencilla y poco costosa, podemos obtener los datos a través de servicios de distribución de modelos digitales de elevación, ortofotomapas,

imágenes digitales, mapas temáticos, etc. El principal problema de trabajar con datos secundarios es que normalmente son distribuidos en un formato estándar y conllevan tareas de conversión.

La mayoría de operaciones SIG requieren el uso de una combinación de los dos tipos de fuentes de datos, primarias y secundarias. Se adquieren datos digitales y analógicos, a diferentes escalas y proyecciones, y en diferentes formatos. Tendremos que convertir estos datos a modelos y estructuras compatibles con nuestro paquete SIG. Esto nos va a permitir almacenar, editar, recuperar, analizar y extraer todos ellos, con independencia de su origen (Smith, 1987).

Para realizar las tareas de adquisición de datos existen diferentes dispositivos. Podemos, por ejemplo, convertir un mapa en formato papel mediante digitalización manual o podemos automatizar este proceso mediante el escaneado de las hojas enteras del mapa. Además, podemos adquirir datos espaciales y sus atributos mediante aparatos móviles equipados con receptor GPS. Los dispositivos de captura de datos geográficos más utilizados son las *Personal Digital Assistants* (PDA), los escáneres y las tablas digitalizadoras (Smith, 1987).



**Fig. 3.3:** Dispositivos de entrada de datos: PDA con receptor GPS, escáner y tableta digitalizadora. Fuentes: [www.cmtinc.com](http://www.cmtinc.com), [www.suu.edu](http://www.suu.edu), [www.advancedgis.ca](http://www.advancedgis.ca)

En los datos obtenidos o capturados a través de un dispositivo receptor GPS, la posición y la extensión de las entidades viene representada como puntos, líneas o polígonos. Estos los podemos introducir directamente en el SIG, o bien utilizarlos para generar un mapa analógico. Además, al mismo tiempo que entramos los datos de posición de las entidades, también podemos introducir información de los atributos a través del teclado de nuestro

PC, uno de los dispositivos de entrada de datos más comunes y frecuentemente utilizado (Smith, 1987).

Hace unos años era muy frecuente que los datos introducidos en un SIG, proviniesen de la digitalización de mapas en soporte analógico o papel, a través de tabletas digitalizadoras. Este dispositivo de entrada es cada vez menos utilizado y su uso, a día de hoy, prácticamente se reduce a organizaciones o instituciones poseedoras de muchos mapas en formato papel y que pretenden transformarlos en documentos digitales. Generalmente se utiliza este dispositivo de entrada cuando se pretende transformar a un formato digital, documentos en papel de gran tamaño (como antiguos mapas de planeamiento urbano o mapas catastrales). La tableta digitalizadora (que puede presentar diferentes tamaños) dispone de una superficie sensible en la que podemos localizar puntos con gran precisión. Pero esta situación ha ido cambiando a raíz de la eclosión y crecimiento casi exponencial del acceso a los datos (imágenes, mapas, capas de información, etc.) en formato digital. Es decir, cada vez más, los datos que introducimos en un SIG ya están en formato digital (bien sea un formato de imagen o en un formato nativo de cualquier SIG del mercado), con lo cual nos ahorramos la tediosa tarea de digitalizar grandes volúmenes de información muchas veces de carácter general (Smith, 1987).

El escáner es otro dispositivo de entrada de datos. La calidad de los datos que nos ofrecerá dependerá en buena parte de la calidad de los datos en origen (que el documento a escanear sea nítido, no presente arrugas o deformaciones que puedan producir sombras o pérdidas relativas de información), de la resolución de la imagen de salida (tamaño del píxel o de cada una de las celdas que acabará conformando la imagen), etc (Smith, 1987). Digitalizar de forma manual, a partir de un mapa mediante tabletas digitalizadoras o digitalización en pantalla, puede consumir mucho tiempo, y -por tanto- puede resultar muy caro. Por otro lado, escanear un mapa es un mecanismo rápido, pero implica un proceso posterior de transformación de los datos durante el cual se producirán errores en la geometría de los objetos. Estos errores deberán depurarse manualmente, tarea que también puede conllevar una gran cantidad de tiempo. Es por ello que, aunque a priori la digitalización sobre pantalla puede conllevar más horas de trabajo, tenemos la ventaja que en todo momento podemos controlar los posibles errores que podemos cometer, con

lo cual el trabajo de depuración de la capa de la geometría y de los atributos de la base de datos, será mucho menor.

### ***b). Almacenamiento***

En los procesos de captura se generan gran cantidad de datos espaciales que necesitamos almacenar de alguna forma. Nos va a interesar guardar datos sobre los objetos geográficos: la geometría, los atributos y los métodos de acceso (índices), para poder recuperarlos con posterioridad.

La información geográfica requiere grandes capacidades de almacenamiento de datos, que no implica solo al disco duro del ordenador. A medida que vamos desarrollando un SIG necesitaremos traspasar información y almacenarla en otros dispositivos, así como hacer copias de seguridad (Smith, 1987).

### ***c). Recuperación y análisis***

Una vez los datos son almacenados en el SIG, el usuario, por lo común, estará interesado en llevar a cabo diferentes operaciones de recuperación y análisis de los datos.

El conjunto de módulos de aplicaciones de software SIG suelen contener las herramientas genéricas que un analista espacial puede usar para la manipulación y el análisis de los datos geográficos. Entre ellas, se incluyen funciones de procesamiento como recuperación, medición de áreas o perímetros, superposición de capas de información, álgebra de mapas o reclasificación de datos. Las funciones proporcionadas dependerán del paquete de software SIG que se utilice.

El módulo de análisis espacial es uno de los componentes principales de un SIG. El análisis espacial puede revelar cosas que de otra forma serían invisibles, haciendo explícito lo implícito. Es el significado de añadir valor a los datos geográficos, y transformar los datos en información. El análisis espacial efectivo requiere de diferentes componentes SIG, pero definitivamente se necesitan las dos cosas: un usuario inteligente y un ordenador potente (Smith, 1987).

#### **d). Salida de datos**

El proceso de salida consiste en transferir los datos, imágenes o mapas contenidos en un SIG a otro medio o soporte, y no siempre implica un proceso de conversión de datos para traducirlos del formato original al formato receptor.

Mediante un SIG, podemos representar los datos almacenados a partir de una serie de criterios que tienen que permitir visualizar la información en función de nuestros objetivos (Montello, 1995).

Estos criterios pueden basarse en las capas de información, la simbología o el fenómeno que queremos representar.

Van a ser los técnicos de la gestión de la cartografía final, quienes se van a encargar de seleccionar los datos que se van a visualizar y determinar cómo aparecerán en pantalla. Todos los SIG tienen una caja de herramientas, algunos más o menos compleja, otra más o menos numerosa, que constituye un elemento interesante y muy útil en un SIG. A través de estas herramientas se puede controlar la información que interesa que vea el usuario, y lo que puede ser más importante, cómo interesa que la vea (Montello, 1995).

Cabe recordar que un mapa no es un elemento neutro, sino todo lo contrario: a través de ellos se puede hacer que las cosas parezcan de una determinada manera. Se pueden representar fenómenos, actividades o elementos en el territorio con cierta intencionalidad. Los aspectos a tener en cuenta son el área de representación, los elementos que vamos a visualizar, sus atributos y el estilo o simbolización que adoptamos para las entidades representadas. Todo ello dependerá de los objetivos operativos o científicos que tenga el diseñador o usuario (Montello, 1995).

Dependiendo del modo de presentación, se podrá manipular el mensaje final que obtendrán los usuarios de los mapas. Basta con consultar ciertas obras de autores como Mark Monmonier (*How to Lie with Maps*) o Denis Wood (*The Power of Maps*).

Los datos espaciales de un SIG, aparte de mapas en papel, pueden generar salidas digitales en diferentes formatos. Así, podemos crear composiciones de mapas, donde podemos

añadir tablas, gráficos, imágenes, vídeos o animaciones. Estos formatos pueden dar lugar a presentaciones impresionantes. El usuario es quien determina según sus necesidades el tipo de salida de datos que quiere realizar y, por tanto, el tipo de dispositivo que utilizará (Montello, 1995).



Fig. 3.4: Dispositivos de salida: pantalla del ordenador, proyector de datos, plotter, impresora.

Fuente: [www.positron911.com](http://www.positron911.com), [www.dljsystem.com](http://www.dljsystem.com), [www.encad.com/large\\_format\\_plotter.htm](http://www.encad.com/large_format_plotter.htm), [www.utiprojector.ru](http://www.utiprojector.ru)

Independientemente del tipo de salida que utilicemos, hay una tarea que es común en todas ellas: transferir físicamente la información posicional y de atributo, desde el archivo digital contenido en nuestro SIG, hasta el dispositivo de salida.

Los plotters y las impresoras realizan esta transferencia de datos mediante el sistema de batch, es decir, el procesamiento de la información mediante lotes. Para representar la información georreferenciada, atributos y funciones de librería gráfica, disponen de un archivo de impresión. A través de estos dispositivos producimos (gracias a los *drivers*) mapas en formato papel. En el caso del plotter, las coordenadas del mapa se traducen a las coordenadas del dispositivo del plotter y así se logra obtener mayor precisión (Montello, 1995).

#### ***Ejercicio para Unidad 4: Ir a anexo II***

## 5. TRABAJANDO CON SIG

Hemos visto campos de aplicación de los SIG, pero veamos ahora cómo se insertan los SIG en las organizaciones, qué supone su incorporación y qué aspectos debemos tener en cuenta para ello, entre ellos nuestro papel (Montello, 1995).

### 5.1. El proyecto SIG

Normalmente los SIG son introducidos en una organización en el marco de un único proyecto, en donde los datos son recopilados de forma específica para el proyecto. En organizaciones mayores pueden desarrollarse varios proyectos en paralelo. Tan pronto como los beneficios de la utilización de los SIG se hace patente en un departamento, pueden unirse varios proyectos, dando como resultado un SIG departamental.

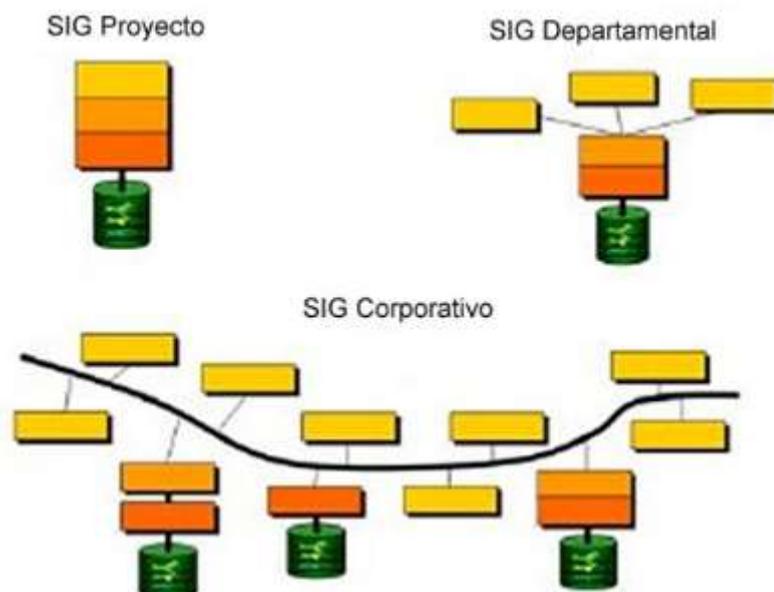
Pero cuando el SIG es aceptado y la organización se da cuenta que esto repercute en ahorro de dinero, colaboraciones y reutilización de recursos, puede desarrollarse un amplio SIG empresarial o corporativo. A partir de este puede preverse un cuarto tipo de implementación, la social, que se basa en un SIG de ámbito nacional, con centenares o miles de usuarios (Montello, 1995).

De esta forma Tomilson (2003) diferencia 3 tipos de proyectos SIG en cuanto a su papel dentro de una organización:

- a) **Proyectos de propósito particular**, que tienen un calendario bastante acotado en el tiempo y no suelen contar con un sistema de apoyo a largo plazo. El estudio de localización óptima de un vertedero sería ejemplo de este tipo de proyectos (Montello, 1995).
- b) **Aplicaciones de nivel departamental**. En este caso existe como mínimo un objetivo de negocio relacionado con la organización. No se trata de un sistema de apoyo a las funciones o objetivos estratégicos generales de la organización a largo plazo, pero sí de una necesidad concreta. Un ejemplo en este caso sería un departamento de planificación de un ayuntamiento que usa SIG para generar listados de propietarios de fincas de más de 1000m<sup>2</sup> a quienes les afectaría una ordenanza municipal específica.

- c) **Sistemas corporativos a nivel multidepartamental** (también llamado SIG institucional, de empresa, organizativo, regional, etc). Son aquellos que permiten a los miembros de una organización acceder a un SIG integrado, con datos transversales y comunes a diferentes departamentos. Se trata de un SIG que responde a las necesidades generales de la organización, por lo que se convierte en una herramienta poderosa dentro de la organización, está alineado con su misión. En este caso, es esencial un sistema de soporte específico y a largo plazo. Un ejemplo en este caso sería una empresa de transporte que implementa un SIG y múltiples aplicaciones entorno a este, compartiendo bases de datos espaciales entre departamentos.

Los principios que rigen en uno u otro caso son los mismos. Los SIG han sido y serán siempre un sistema de información (que maneja datos geoespaciales). Por lo que su proceso de implementación, protocolos y arquitectura serán comunes. Un SIG tiene datos, clientes, servidor y trabaja sobre redes (Montello, 1995).



**Fig. 4.1:** Configuración de implementación SIG. Adaptado de Longley et al., 2001.

La diferencia entre los diferentes tipos de proyectos SIG que hemos comentado residirá en la complejidad de elementos que entrarán en juego, así como de estrategias para llevarlos a cabo. En nuestro caso tomaremos como referencia el SIG corporativo por ser el que conlleva la máxima diversidad de casuísticas.

Los SIG son aplicaciones poderosas (partiendo de la premisa que información es igual a poder), lo cual, unido a su concepción de sistema, tienen razón de ser en una posición central dentro de una organización. Hablaremos entonces de **SIG corporativo**.

Algunos autores afirman que un cuarto nivel, aún por llegar, sería aquel con una dimensión de sociedad, esto es, que cualquier parte de funcionamiento de la sociedad podría tener una respuesta por parte de un SIG, de forma cotidiana tal como actualmente se utiliza el ordenador. Esta “contaminación” de las organizaciones a la sociedad no está tan lejos gracias a Internet (Montello, 1995).

### ***5.2. El SIG en la organización***

Las organizaciones adoptan el SIG con la asunción que este les hará su trabajo más fácil, económico o mejor con vistas a sus clientes (o electores). Si bien esto puede ser cierto, a menudo la fe en la tecnología es ciega, de modo que se olvidan aspectos mucho más importantes.

El gran reto de introducir un SIG en una organización no reside en el aspecto tecnológico, ni incluso financiero, sino organizativo y formativo.

La tecnología cada vez cubre y satisface más las necesidades del usuario y además, a un coste cada vez más asequible. Son en cambio los factores humanos los que mantienen un condicionante más importante (Montello, 1995).

Solo cuando la tecnología está plenamente integrada en una estructura organizativa aparecen beneficios reales, teniendo en cuenta lo dicho, el carácter corporativo que conlleva la implementación de un SIG hace necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. La estrategia (misión) de la empresa/organización o departamento.
2. El modelo organizativo o de negocio existente (Chrisman, 2003).

Estos elementos, clave en una organización, no siempre están definidos o explicitados, por lo que el gestor SIG deberá examinarlos con detalle.

Entender qué hace la empresa y cuáles son sus planes de futuro permite al gestor SIG diseñar un proyecto de implementación directamente relacionado con los objetivos reales que se pretenden. De forma que estén en línea con la organización y con su interés, minimizando el riesgo de perder el tiempo en planificar aquello que pudiera ser periférico a las necesidades reales (Chrisman, 2003).

Planificar un proyecto SIG requiere tener en cuenta aspectos relacionados con:

- Planificación
- Asistencia
- Comunicación
- Gestión de recursos
- Financiación

A partir de aquí podemos definir 4 fases clave en el proceso de planificación de todo proyecto SIG:

- Análisis de las necesidades.
- Determinación de los aspectos formales.
- Evaluación de alternativas.
- Implementación del sistema escogido.

La formalización de estas fases en un documento de propuesta de proyecto permite sentar las bases del proyecto y la puesta en común y posterior acuerdo por parte de todas las partes implicadas.

Tomilson (2003) describe un par de documentos fruto de la planificación exitosa de un SIG:

**Términos de referencia para la implementación de un SIG en el Jasper National Park**

Contexto de trabajo

- 1.0. Descripción del proyecto
  - 1.1. Contexto
  - 1.2. Objetivos del proyecto
  - 1.3. Resultados del proyecto
- 2.0. Análisis de las necesidades del cliente
  - 2.1. Análisis de la situación actual
  - 2.2. Interés del cliente
  - 2.3. Condicionantes comerciales y productos de información
  - 2.4. Requisitos de los datos
  - 2.5. Condicionantes tecnológicos
- 3.0. Evaluación de software/hardware
- 4.0. Requisitos de la base de datos
- 5.0. Plan de implementación
- 6.0. Calendario de facturación

Condiciones del contrato

- Responsabilidades de Parks Canada
- Calendario
- Directrices

Apéndice 1: Documentos de apoyo

Apéndice 2: Base de datos del inventario del ecosistema

Por su parte, el proceso de gestión de un SIG (una vez consolidada su implementación) debería tener en cuenta estas 5 dimensiones (Chrisman, 2003):

- Asistencia al usuario o cliente.
- Operatividad.
- Gestión de datos.
- Desarrollo de aplicaciones.
- Gestión de proyectos.
- 

No se trata de aspectos que garanticen el éxito, pero sí una buena salud de nuestros proyectos SIG. Aun así, Daugherty (2005) se atreve a hacer una lista de factores clave para el éxito de un SIG corporativo:

- Sólido diseño de procesos, arquitectura y aplicación.
- Correcta definición de la infraestructura necesaria.
- Equipo experto y bien informado.
- Procesos estandarizados de gestión.
- Socios competentes en el desarrollo de soluciones SIG.
- Buenas herramientas y métodos.

- Servicio robusto y capacidades de asistencia.
- La mejor tecnología SIG disponible.

### **5.3. El experto en SIG**

El perfil de experto vendrá determinado por su papel en un proyecto SIG como (Chrisman, 2003):

- Administrador.
- Usuario.
- Desarrollador.

Combinando estos 3 perfiles podemos identificar otros de más concretos y específicos en los SIG:

- Gestor SIG: responsable del desarrollo, implementación y mantenimiento de los objetivos del proyecto SIG en base a la misión y objetivos de negocio de la organización.
- Administrador de sistemas: servicio de asistencia al usuario y requerimientos del sistema.
- Programador de aplicaciones SIG: diseño, programación y mantenimiento del software SIG y sus personalizaciones.
- Analista de bases de datos SIG: responsable de la creación de las bases de datos espaciales necesarias por una organización.
- Analista SIG: responsable del desarrollo de productos de información SIG, datos y servicios, tales como construcción y mantenimiento de bases de datos, recopilación y adaptación de datos, asistencia en programas de apoyo al usuario, personalización del software, realización de análisis espacial, control de calidad, etc.
- Técnico SIG: compilación y producción de datos espaciales.
- La falta de personal cualificado sigue siendo aún un limitante importante en el proceso de implementación de un SIG en una organización. Pero además de las capacidades técnicas del experto SIG, cada vez más se requiere sumar conocimientos transversales sobre aspectos relativos a la gestión de proyectos.

#### **5.4. La formación en SIG**

El acuerdo sobre los conocimientos que debería tener un experto en SIG está en aumento. Prueba de ello es la adopción de curriculums comunes entre universidades o organizaciones dedicadas a la formación en SIG. El caso de UNIGIS Internacional responde a estos principios.

También bastante común es la apuesta por un sistema formativo que gire en torno a la adquisición de competencias (en línea con los principios del proceso de Bologna) y no tan centrado en acumular datos, conocimientos (Chrisman, 2003).

Otro aspecto que parece regir la formación actual en SIG es aquella que deja atrás una concepción puramente tecnológica, tal como apuntábamos en el apartado anterior. Ya no se concibe un programa formativo en SIG que no tenga en cuenta además de los aspectos más técnicos, aquellos relativos a: principios de la ciencia geográfica, sistemas organizativos, gestión de riesgos, aspectos legales, diferencias culturales, aptitudes analíticas, etc (Chrisman, 2003).

#### **Los SIG en educación secundaria**

Por su gran valor e interés quisiéramos destacar el papel de los SIG en Educación Secundaria (formación pre-universitaria). Muy presente en países del norte de Europa o Estados Unidos, el uso efectivo de los SIG en educación se plantea más allá de utilizar una herramienta para crear un mapa.

El uso de los SIG en el aula permite a los estudiantes tener acceso a una herramienta de análisis e interpretación del componente territorial en cualquier ámbito de la vida cotidiana.

De esta forma los jóvenes podrán tener un recurso más para la interpretación crítica de la realidad.

Un aprendizaje activo y significativo de los SIG supone:

**a). Un papel interesante en el currículum educativo.**

- Un método de trabajo que aportará respuestas alternativas a problemas y situaciones específicas.
- Un aprendizaje simultáneo entre alumnado y profesorado.
- La tecnología SIG permite aproximaciones similares a partir de caminos diferentes, permitiendo al alumnado una muy buena oportunidad para construir visiones individuales del mundo.
- Una aproximación al territorio que involucre a alumnado y profesorado como participantes en la comunidad local y como ciudadanos del mundo (Chrisman, 2003).

**b). Aumento de las capacidades intelectuales.**

- Pensamiento crítico, para la ejercitación de las habilidades de análisis, síntesis y evaluación.
- Inteligencia lógica y matemática: ya que requiere habilidad para interpretar y utilizar variables numéricas y utilizar la tecnología para su adquisición, procesado y transferencia.
- Inteligencia lingüística: requiere informar o transmitir información.
- Inteligencia espacial, ya que requiere transformar la realidad en imágenes mentales o visuales, o viceversa, y a diferentes escalas.
- Capacidad comunicativa, habilidad para transmitir de forma efectiva y a través de diversos métodos de representación de la información.

**c). Control sobre la información**

- Identificar las fuentes de información más adecuadas para solucionar un problema.
- Integrar información procedente de diferentes fuentes y múltiples formatos.
- Entender la naturaleza y calidad de los datos.

**d). Aumento de las habilidades en el uso de la tecnología informática.**

- Gestión de archivos.
- Manipulación de bases de datos.
- Operación con hojas de cálculo.
- Uso de gráficos.
- Uso de imágenes de satélite o fotografías aéreas.
- Acceso a Internet para la captura de datos.

- Creación de productos multimedia.
- Integración de otra tecnología como GPS.

## 6. SOFTWARE SIG

### 6.1. El software SIG

El software proporciona al ordenador las instrucciones para realizar las tareas que debe desarrollar, facilitando el proceso de adquisición de datos, procesamiento y transferencia a la memoria del sistema para su posterior procesamiento.

Cuando hablamos de software SIG nos referimos al sistema informático que permite editar, integrar, almacenar, analizar, compartir y visualizar información georreferenciada (Chrisman, 2003).

Normalmente, el software SIG incluye funciones que permiten llevar a cabo todas estas operaciones. No obstante, es imprescindible que los datos estén en formato digital compatible con nuestro software, por lo que algunas veces el proceso puede incluir la transformación de los datos de un formato a otro para hacerlos compatibles con los formatos específicos que usa el software SIG que estemos utilizando.

El proceso puede conllevar también una transformación geométrica para presentar los datos en el mismo sistema de coordenadas. El proceso de georreferenciación implica la transformación algebraica de los puntos de coordenadas X, Y (y a veces Z) de un sistema de referencia a otro.

Como consecuencia, debemos tener en cuenta que en todo software y en su proceso relacional existen tres etapas básicas: input, proceso y output.



Fig. 5.1: Software y el proceso relacional

Todos estos procesamientos pueden llevarse a cabo gracias a que muchos SIG tienen un conjunto de funciones de análisis espacial y modelado que permiten sintetizar nuevos datos espaciales, por combinación de dos o más conjuntos de datos. También nos permiten cuestionar los datos que vemos en la pantalla. Algunos tienen la capacidad de enlazarse a programas externos o motores de modelado. Estos programas generan datos espaciales utilizando algoritmos que pueden ser extensiones del propio SIG -localizadas en un software externo- y que se enlazan a través del sistema operativo de la plataforma en la que está el software SIG (Chrisman, 2003).

La elección final del software SIG dependerá de para qué y cómo queramos usarlo y qué recursos tengamos para llevar adelante un proyecto. Lo que determina cuál es la tecnología más adecuada para cada aplicación es la calidad, el volumen de producción, el tamaño y el coste que podemos asumir para la compra del software (Chrisman, 2003).

### ***6.2. La arquitectura del software SIG***

Antes de empezar con los diferentes tipos de sistemas vamos a explorar las partes clave de la arquitectura del software SIG.

Diferenciamos tres tipos de componentes (Chrisman, 2003):

1. La interfaz de usuario: Un grupo de interfaces mediante menús o botones que implementan las tareas principales del sistema (localizar datos, crear mapas, geocodificar direcciones, etc.) (Chrisman, 2003)
2. Herramientas geográficas: Los procesos principales que constituyen la mayoría de funcionalidades y posibilidades del software.
3. Sistemas de Gestión de Datos: El nivel más bajo, componentes que permiten el almacenaje y gestionan el acceso a los datos geográficos (Chrisman, 2003).

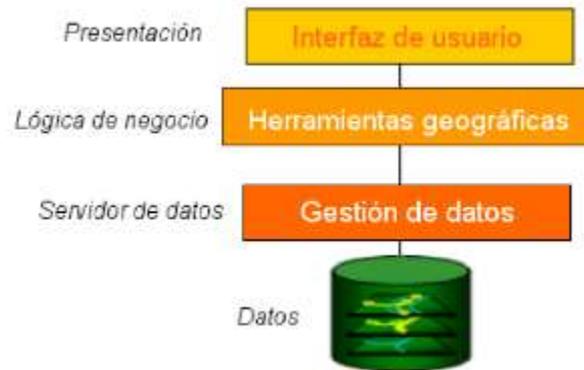


Fig. 5.2: La arquitectura clásica del software. Adaptación de Longley et al., 2001.

### 6.3. Clasificación del software SIG

Existe gran diversidad de software SIG que puede clasificarse según diferentes aspectos. La elección del software más apropiado para un proyecto o una organización dependerá de varios factores, por ejemplo: los objetivos, los requerimientos en funcionalidades del SIG, los recursos disponibles, la duración del proyecto, los conocimientos previos de los técnicos, la tecnología accesible, etc (Ramírez, 2010).

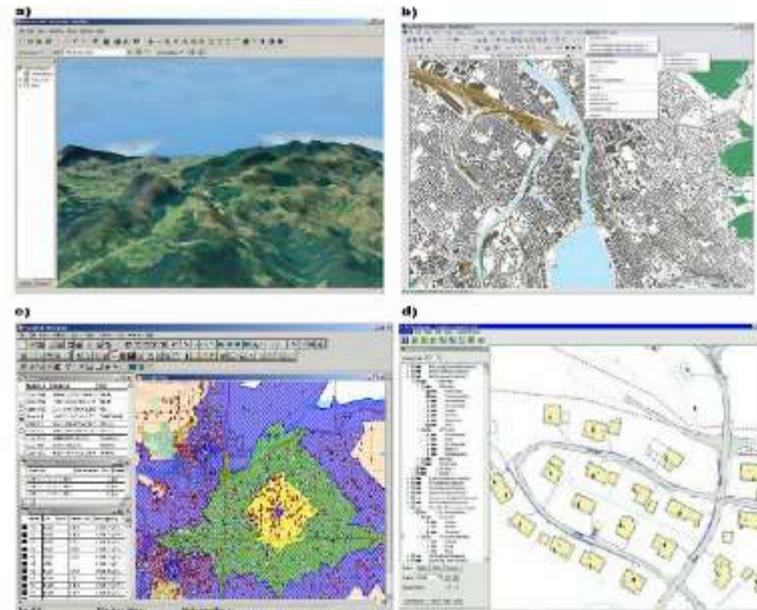
Basándose en sus funcionalidades se pueden clasificar los principales paquetes de software en grupos:

- SIG de escritorio
- SIG web
- Componentes de desarrollo SIG
- SIG móviles
- Otros

Esta clasificación se basa en software SIG genéricos, y excluye productos como, por ejemplo, atlas, sistemas de mapeo simple, sistemas de procesamiento de imágenes, o extensiones espaciales de sistemas de gestión de bases de datos (Chrisman, 2003).

a). Los SIG de escritorio (o desktop) son aquellos sobre los que se basan la mayoría de las aplicaciones, y la categoría de software más ampliamente utilizada. El origen de este tipo de software es el ordenador personal. Los SIG de escritorio se ejecutan en el mismo PC y

ofrecen un gran número de herramientas para gran variedad de usuarios en diversidad de campos (Ramírez, 2010).



**Fig. 5.3:** Imágenes de software SIG de escritorio del mercado con diferentes funcionalidades: a)ArcGis,b)GeoMedia, c)MapInfo, d)Smallworld Fuentes: [www.esri.com](http://www.esri.com), [www.intergraph.com](http://www.intergraph.com), [www.smallworld.no](http://www.smallworld.no)

Los software SIG de escritorio ofrecen un amplio rango de aplicaciones, desde simples visualizadores (ArcReader de ESRI, GeoMedia Viewer de Intergraph, MapInfo de ProViewer) a software de creación de mapas y análisis (Map 3D de Autodesk, ArcView de ESRI, GE Spatial Intelligence, GeoMediadeIntergraph, MapInfo Professional) y tecnología punta en sistemas de edición y Análisis profesional (ArcInfo de ESRI, GeoMedia Professional de Intergraph o GE Energy Smallworld GIS).

Los precios de este tipo de SIG pueden variar dependiendo de su origen, pero por lo general pueden alcanzar hasta unos 25.000 € por licencia (Ramírez, 2010).

Durante los últimos años el software SIG de escritorio ha dominado, pero se prevé que la próxima década los servidores SIG o SIG web sean el producto predominante (Ramírez, 2010).

b). Los SIG web son productos localizados en un servidor al que acceden los usuarios a través de una red (en este caso el software no está instalado en el PC). Los SIG web tienen una interfaz de usuario que ofrece funcionalidades de consulta y análisis espacial. Los productos de servidores SIG tienen el potencial para el mayor número de usuarios y el menor costo por usuario, aunque las tareas ejecutadas generalmente son más simples. Es una herramienta muy utilizada en entornos corporativos (Ramírez, 2010).

En la actualidad existen diferentes posibilidades en Internet para ejecutar operaciones con información geográfica, como generar mapas, calcular rutas óptimas, visualizar datos específicos, o hacer análisis basados en criterios seleccionados por el usuario, por ejemplo de disponibilidad en la compra de inmuebles (Luque, 2010).

c). Los componentes de desarrollo SIG son paquetes de herramientas de funciones SIG. Es necesario tener conocimientos de programación para poder implementar los componentes SIG. Estos se utilizan para la creación de aplicativos SIG, es decir, programas con unas funcionalidades específicas. Son muy interesantes, ya que permiten la creación de aplicaciones realmente adaptadas a las necesidades de los usuarios. Los componentes SIG permiten la programación de funciones de visualización y consulta de información geográfica, pero sus capacidades de edición y análisis suelen ser muy limitadas (Luque, 2010).

Son productos de componentes SIG: Blue y Marble Geographics GeoObjects, ArcGis Engine de ESRI, MapX de mapInfo. La mayoría de las aplicaciones SIG mediante estos componentes están desarrolladas siguiendo los estándares de Microsoft.Net. El precio de los productos de desarrollo SIG comerciales está entre 1.200 y 6.000 \$.

d). Los SIG móviles son sistemas ligeros diseñados para su uso en dispositivos móviles principalmente concebidos para trabajo de campo. El desarrollo de este tipo de software ha sido estimulado por los avances en el diseño de hardware, minimizando el peso y el volumen de los dispositivos, las tecnologías GPS y las conexiones a través de redes inalámbricas. Actualmente los SIG móviles ofrecen gran número de funcionalidades

similares a los SIG de escritorio de hace unos años (visualización, consulta, edición, y análisis simples).



**Fig. 5.4:** Ejemplos de software SIG en un dispositivos móviles. Fuentes: <http://arcgis.com>, [www.ozixplorer.it](http://www.ozixplorer.it)

Los desarrollos más recientes son los llamados smartphones, que a pesar de sus diminutas dimensiones son capaces de trabajar con volúmenes de datos bastante importantes. Estos funcionan de modo que se conectan a la red cuando el proceso lo requiere (mediante GPRS o wireless) de forma que hacen uso de los datos y las aplicaciones de los servidores (Luque, 2010).

Existen otros tipos de software que incorporan algunas de las funcionalidades de los SIG:

- Teledetección: IMAGINE, ENVI.
- CAD: Microstation.
- DBMS: Oracle Spatial.
- Etc.

#### **6.4. Tipos de software según su licencia**

Según el acceso al código fuente del software (las líneas de texto escritas en un lenguaje de programación que los desarrolladores de software entienden, y que da lugar a los programas), este puede ser de código abierto (libre) o de código cerrado (Luque, 2010).

- Software libre o de código abierto (en inglés *open source* o *free software*): Este tipo de licencia suele permitir su uso, copia, estudio, modificación y redistribución. Por lo que los desarrolladores pueden adaptar el código del programa a sus necesidades específicas. Este tipo de software suele estar disponible de forma gratuita a través de Internet, pero a veces también puede ser comercializado.
- Software propietario o de código cerrado: El código fuente del software no es público, sino que está protegido por leyes de propiedad industrial por lo que su distribución es considerada un delito. Los diferentes software pueden diferenciarse por su licencia de distribución (comercialización) o por los derechos que cada autor se reserva de la obra (libre con o sin protección heredada, semilibre, o no libre).

Según los diferentes tipos de licencia de distribución, principalmente se distinguen el freeware y el shareware (Luque, 2010).

- Freeware: se distribuye libremente, de forma gratuita. Su licencia permite su uso y distribución, pero no la alteración de su código.
- Shareware: el usuario puede hacer uso libremente del software, pero su uso está limitado en tiempo o características. Se utiliza principalmente para evaluar o hacer demostraciones de los programas.



Fig. 5.5: Imágenes de software SIG de escritorio con licencias freeware y de código abierto. a) SAGA, b) GRASS, c) JUMP, d) SPRING. Fuentes: [www.saga-gis.uni-goettingen.de](http://www.saga-gis.uni-goettingen.de), <http://grass.itc.it>, <http://openjump.org>, [www.dpi.inpe.br](http://www.dpi.inpe.br)

Los objetivos de las liberaciones de software son diversos. Principalmente se hacen versiones de demostración para captar nuevos usuarios del programa que puedan estar interesados en pagar para obtener versiones completas o con versiones obsoletas de un programa. También se usan estos tipos de licencia para programas que no se considera que puedan reportar beneficios económicos, o por el placer de ofrecer alternativas gratuitas. Contrariamente a lo que normalmente se cree, el software libre no necesariamente es freeware (esta confusión proviene de la traducción de free, que puede ser gratis o libre).

En nuestros proyectos de SIG será fundamental que tengamos en cuenta los aspectos del software comentados anteriormente e identificar la idoneidad de nuestro software para los objetivos propuestos.

### **6.5. SIG web vs SIG de escritorio**

Al comparar el software SIG de escritorio con los SIG de servidor se observa que en el PC los clientes tienen más funcionalidades disponibles y aplicaciones de mayor tamaño. En contraste, los SIG web necesitan servidores potentes que ofrezcan capacidades analíticas extensas, por ejemplo: la geocodificación, la creación de rutas óptimas, la generación de mapas y el análisis espacial. Los SIG de escritorio utilizan los estándares del Sistema Operativo del PC, en cambio los SIG web pueden usar plataformas Web-Browser (Mozilla, Explorer, etc) para alojar la interfaz de visualización de usuario. En las implementaciones de SIG de escritorio las LAN (Local Area Networks) y las WAN (Wide Area Networks) tienden a utilizarse para la comunicación cliente-servidor. Los SIG de red se aprovechan de las capacidades y las ventajas de Internet como red informática mundial (Luque, 2010).

### **6.6. El mercado del SIG**

Reconociendo que existen diferentes clases de usuarios de SIG y que sus requerimientos pueden llegar a ser muy diferentes, las tendencias actuales han llevado a la evolución de

familias de productos SIG. Estas son colecciones integradas de productos SIG. Los principales distribuidores de software SIG ofrecen un completo rango de paquetes de software a través de Internet a profesionales del SIG para resolver las necesidades de la diversa comunidad SIG (Luque, 2010).

Además, un gran número de distribuidores han desarrollado tecnologías que satisfacen las funcionalidades requeridas en las tareas de gestión de Bases de Datos, de forma que son capaces de almacenar y procesar información geográfica de forma efectiva.

Debemos tener en cuenta que, en realidad, el software SIG se está desarrollando rápidamente y que el mercado del SIG es muy dinámico. También es bastante difícil obtener información precisa del número de usuarios de los diferentes tipos de sistemas de software. Aun así, y tomando los datos como referencia, en el GIS-Report 2004, por ejemplo, se calculaba el número total a nivel Mundial (Luque, 2010):

- SIG profesional: 650.000 licencias
- SIG de escritorio: 2.000.000 licencias
- SIG de Internet: 2.300 licencias.

Desafortunadamente estos datos nunca estarán completos, actualizados o recogidos de forma objetiva. Pero nos pueden dar una indicación objetiva del punto en que se encuentra el mercado del SIG.

### ***6.7. Sistemas de soporte a los SIG***

En este apartado queremos destacar algunas de las técnicas que contribuyen al desarrollo de los SIG. En este sentido podríamos hablar de multitud de ellas, pero las más significativas serían (Luque, 2010):

- Sistemas de diseño asistido por ordenador (Computer Aid Design - CAD). Su originaria aplicación proviene del ámbito de la arquitectura y la ingeniería. Se trata de un sistema que antepone el diseño al análisis, por lo que a menudo conlleva carencia de procesos que tengan en cuenta la complejidad de los atributos, así como limitaciones en la georreferenciación de los datos.

- Los servicios de cartografía asistida (Automated Mapping/Facilities Management – AM/FM). A menudo son confundidos con SIG propiamente, pero cabe destacar que estos no suelen conllevar funciones de análisis, pero sí en cambio permiten generar salida de datos espaciales.
- Sistemas de percepción remota (Teledetección y Fotointerpretación, principalmente) (Luque, 2010)..
- Se trata de una técnica mediante la cual se obtiene información sobre la superficie de la Tierra, a través del análisis de los datos adquiridos por un sensor o dispositivo situado a cierta distancia.
- Sistemas de gestión de bases de datos (Database Management Systems – DBMS).  
En
- SIG se utilizan principalmente 3 tipos de DBMS: relacional, objeto y objeto relacional. Del tipo relacional (RDBMS) destacamos las geodatabases (o bases de datos geoespaciales).

### ***Ejercicios para Unidad 6: Ir a anexo III y IV***

## **7. EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE LOS SIG**

### Planificación, gestión y política urbana

- Zonificación
- Adquisición de terrenos
- Desarrollo económico
- Aplicación de códigos
- Programas de renovación de viviendas
- Respuesta a emergencias
- Análisis de crímenes
- Tasación tributaria

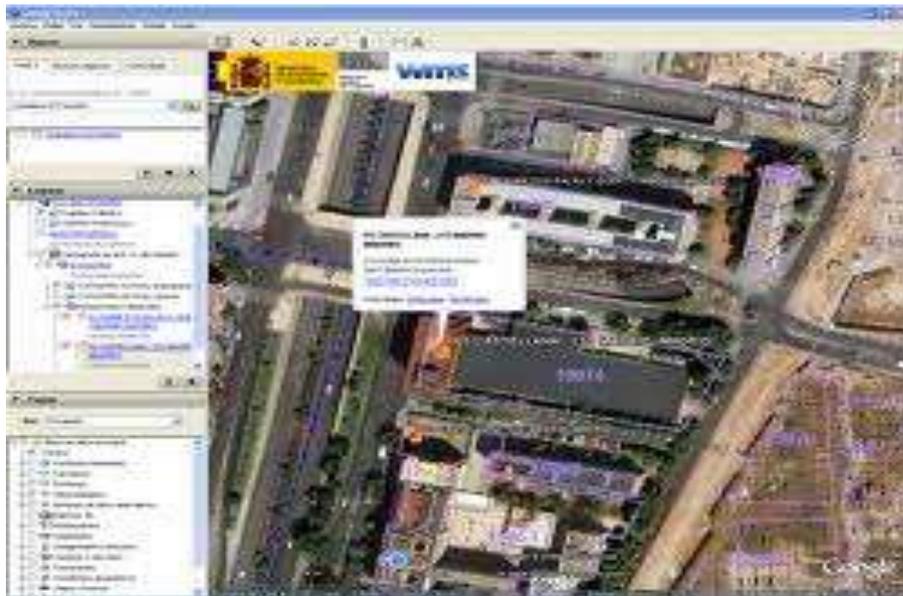


Fig. 6.1: Catastro Madrid Fuente:

[http://www.catastro.meh.es/servicios/wms/wms\\_archivos/ge\\_ejemplo.png](http://www.catastro.meh.es/servicios/wms/wms_archivos/ge_ejemplo.png)

### Ciencias medioambientales

- Vigilancia del riesgo medioambiental
- Modelado de escorrentías
- Gestión de cuencas, llanuras aluviales, humedales, acuíferos
- Análisis de impacto medioambiental
- Instalaciones para materiales tóxicos
- Modelado de aguas subterráneas y rastreo de contaminación

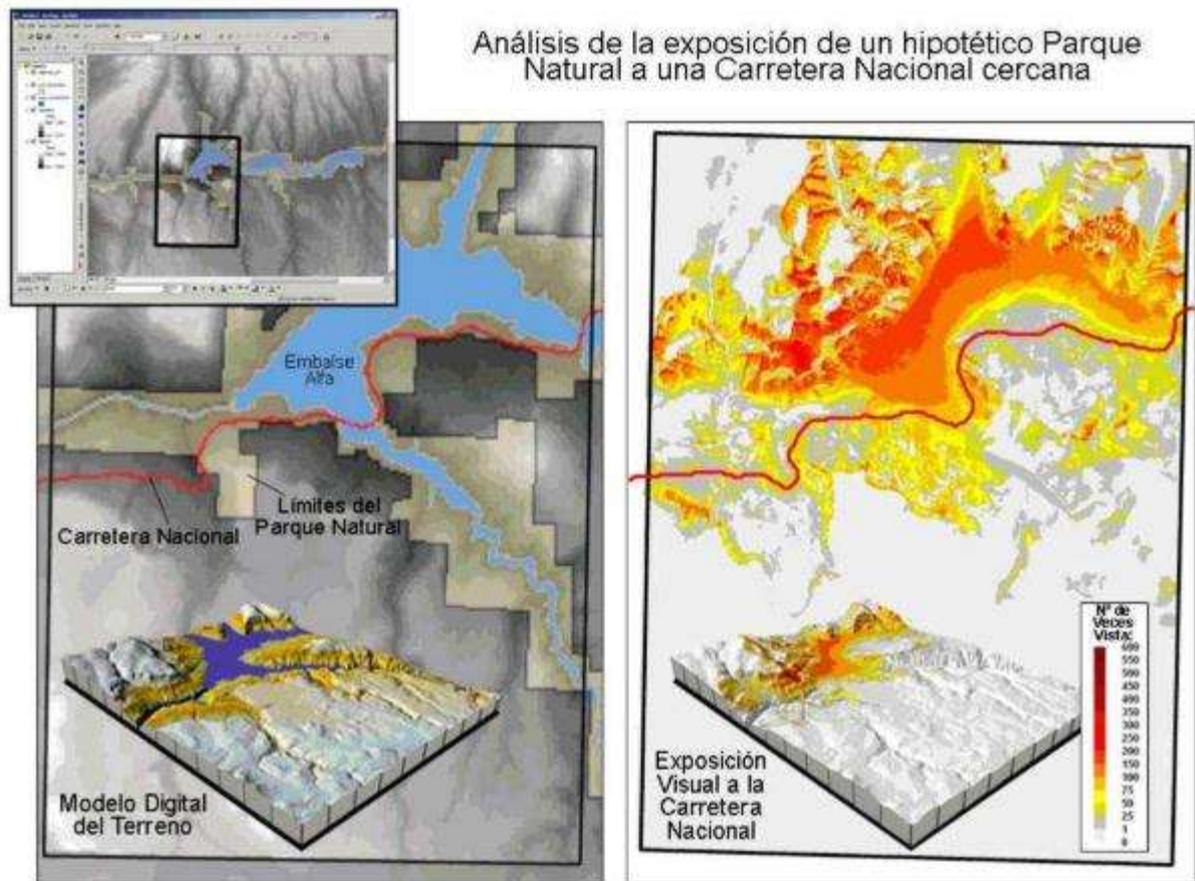


Fig. 6.2: Análisis de Áreas Naturales. Fuente: [http://www.gabrielortiz.com/imagenes/jkb/015\\_15.jpg](http://www.gabrielortiz.com/imagenes/jkb/015_15.jpg)

### Ciencia política

- Nueva división en distritos
- Análisis de resultados electorales
- Modelado de previsiones
- Ingeniería civil/servicios
- Ubicación de instalaciones subterráneas
- Diseño de trazado para autopistas, tránsito
- Coordinación en el mantenimiento de infraestructuras

### Comercio

- Análisis demográfico
- Penetración del mercado / análisis de acciones
- Selección de ubicaciones

- Gestión de la educación
- Mantenimiento del área de asistencia
- Proyecciones de matrícula
- Ruta del autobús escolar
- Bienes inmuebles
- Precios del terreno en vecindades
- Análisis del impacto del tráfico
- Determinación del mejor uso
- Asistencia sanitaria
- Epidemiología
- Análisis de necesidades
- Inventario de servicios

**Ejercicio para Unidad 7: Ir a anexo V**

### **Referencias:**

- Almazán, José ,M. Carmen Palomino, Hilda Márquez (2009) ,Sistemas de Información Geográfica en la Gestión Integral del Litoral, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID, <http://www.almazan-ingenieros.es/data/archivo/Sistemas%20de%20Informacion%20Geografica.pdf>. ASPRS/ACSM.
- Burrough, P.A and McDonnell, R.A.:(1998) *Principles of geographic information systems for*
- Carter, J.R; (1989) *On defining the geographic information system*. In Ripple, W.J (ed)
- Chrisman, N.R; (2003) *Exploring Geographical Information Systems* (2nd edition). Hoboken,
- Currículum in GIScience, Unit 7. Santa Barbara: National Center for Geographic
- Durell, William (1985). *Data Administration. A Practical Guide to Data Administration*. McGraw-Hill.
- Fernández, Constantino (2013), *Curso de Cartografía y Orientación en la montaña*, <http://www.trasguandayon.com/>
- *Fundamentals of geographic information systems: a compendium*. Falls Church Virginia,
- Gutiérrez Juan (2013), *Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la educación*, EDUACARCHILE, <http://www.educarchile.cl/Portal.Base/Web/VerContenido.aspx?ID=212303#.UhlTwbxVvfl>.
- <http://www.tki.org.nz>
- *implementation and construction of large-scale geographic*
- *Information and Analysis*, University of California *land resources assessment*. Oxford, Clarendon.
- Longley Paul A., Goodchild Michael F., Maguire David J., Rhind David W.; (2001) *Geographic Information Systems and Science*. Ed. Wiley. ESRI PRESS.
- Luque, María Cristina (2010), *Los sistemas de Información Geográfica* [http://www.cpa.org.ar/matriculados/pdf/info\\_tecnica/sig.pdf](http://www.cpa.org.ar/matriculados/pdf/info_tecnica/sig.pdf).

- Montello, D.R., and S.M. Friendschuh; (1995) Sources of spatial knowledge and their implications for GIS: An introduction, *Geographical Systems* 2:169-176. Concise overview of several perceptual and cognitive issues relevant to GIS. NJ: Wiley.
- Nyerges, T. L. And Golledge R. G.; (1997) *Asking Geographic Questions*. NCGIA Core
- Ramírez, Emily (2010), *Sistema de Información Geográfica*, [http://docs.universidadecotec.edu.ec/tareas/2012E/COM170/alum/2010540286\\_1349\\_2012E\\_COM170\\_Sistema\\_de\\_Informaci\\_n\\_Geogr\\_fica.docx](http://docs.universidadecotec.edu.ec/tareas/2012E/COM170/alum/2010540286_1349_2012E_COM170_Sistema_de_Informaci_n_Geogr_fica.docx).
- Reuter ,Fabián (2006), *Nociones de Cartografía, Proyecciones, Sistemas de Referencia y Coordenadas en Argentina*, Universidad Estatal Santiago del Estero
- Smith, T.R, Menon, S., Star, J.L and Estes, J.E.; (1987) *Requirements and principles for the*
- UNITEC; (2000) *Lice 'n' Latrines: Mental Maps*. Institute of technology

#### **Referencias Web:**

- [http://2.bp.blogspot.com/\\_779kQ2\\_fgm0/TGqa982GGEI/](http://2.bp.blogspot.com/_779kQ2_fgm0/TGqa982GGEI/)
- <http://app.seteci.gob.ec/mapa/>
- <http://corponarino.gov.co/pmapper-4.1.1/sig/>
- <http://en.wikipedia.org>
- <http://geofumadas.com/wp-content>
- <http://geoportal.magap.gob.ec/>
- <http://geoportal.utn.edu.ec/>
- [http://geoservice.igac.gov.co/contenidos\\_telecentro/cartografia\\_basica/cursos/sem\\_1/uni1/index.php?id=38](http://geoservice.igac.gov.co/contenidos_telecentro/cartografia_basica/cursos/sem_1/uni1/index.php?id=38)
- <http://indestadistica.sni.gob.ec/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=SNI.qvw&host=QVS@kukuri&anonymous=truehttp://indestadistica.sni.gob.ec/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=SNI.qvw&host=QVS@kukuri&anonymous=true&bookmark=Document\BM02>
- <http://linfiniti.com/dla/>
- <http://pgis-tk-es.cta.int>

- <http://representacioncartografica.blogspot.com/>
- <http://www.catastro.meh.es/servicios>
- <http://www.elgps.com/documentos/proyecciones/proyecciones.html>
- <http://www.gabrielortiz.com>
- <http://www.ideo.es/>
- <http://www.sni.gob.ec/web/guest/documentos>
- [www.cpa.org.ar/matriculados/pdf/info\\_tecnica/sig.pdf+&cd=1&hl=en&ct=clnk](http://www.cpa.org.ar/matriculados/pdf/info_tecnica/sig.pdf+&cd=1&hl=en&ct=clnk)

### ***Glosario de Términos***

**AUTOMECOICO:** Conservan las longitudes en determinada dirección (Wikipedia, 2013).

**DATUM:** En geodesia un datum es un conjunto de puntos de referencia en la superficie terrestre en base a los cuales las medidas de la posición son tomadas y un modelo asociado de la forma de la tierra (elipsoide de referencia) para definir el sistema de coordenadas geográfico (Wikipedia, 2013).

**ISO:** la Organización Internacional de Normalización.

**METADATOS:** datos estructurados y codificados que describen características de instancias conteniendo informaciones para ayudar a identificar, descubrir, valorar y administrar las instancias descritas (Durrell, 1985).

**NORMA ISO:** normas de "calidad" establecidas por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) que se componen de estándares y guías relacionados con sistemas de gestión, aplicables en cualquier tipo de organización y de herramientas específicas como los métodos de auditoría (Quality Team Consulting, 2013)

**SIG:** Sistemas de Información Geográfica.

**UTM:** Universal Transverse Mercator.

## ANEXOS

### *Anexo I*

## Ejercicio No. 1: Una Ligera Introducción a los SIG<sup>1</sup>

### Objetivo:

Familiarizar a los participantes con los principios básicos de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

### Tiempo:

45 minutos.

### Materiales:

Computadora con conexión a Internet para el capacitador, computadoras con conexión a Internet para cada participante o por cada dos o tres participantes, dependiendo de las circunstancias locales, video proyector, manual de QGIS, software instalado en las computadoras y datos de muestra descargados y disponibles en cada computadora.

QGIS es un programa de SIG gratuito y de fuente abierta para Microsoft Windows, Apple Mac OS X y Linux. El instalador disponible en <http://linfiniti.com/dla/> incluye datos de muestra para Cabo del Este.

### Procedimiento:

1. Dirigir a los participantes a <http://linfiniti.com/dla/> donde pueden seleccionar y visualizar la Introducción al tutorial de SIG: hoja de trabajo y video.



**1. introduction to gis** Topic 1

Understanding what GIS is and what it can be used for. With a GIS application you can open digital maps on your computer, create new spatial information to add to a map, create printed maps customised to your needs and perform spatial analysis. In this worksheet we explore the basic concepts behind Geographical Information Systems.

[Worksheet](#) [Video](#)

<sup>1</sup> Desarrollado por: Spatial Planning and Information, Department of Land Affairs, Eastern Cape, Sudáfrica con Licencia Creative Commons

2. Mostrar el video a los participantes. Se puede escoger que los participantes sigan el video haciendo pausa y reiniciando el video para permitirles explorar las ideas explicadas.
3. En forma alternativa, la clase puede ver el video y luego trabajar paso a paso en la hoja de trabajo que corresponde a este ejercicio, que se proporciona en el material informativo electrónico de Ligera Introducción a los SIG. La hoja de trabajo que es sólo para este ejercicio también puede ser recuperada haciendo clic en "Worksheet" (hoja de trabajo), bajo la descripción del ejercicio.
4. Una vez que los participantes hayan completado el ejercicio, se puede concluir con una breve discusión.

### **Consejos y opciones:**

- Usted puede querer permitir un poco más de tiempo para este ejercicio, con el fin de que los participantes exploren individualmente la barra de herramientas y funciones básicas de QGIS antes de comenzar los tutoriales.
- Puede ser beneficioso dar tiempo a los participantes para que lean enteramente el Manual de Usuario QGIS, ya que explica muchos de los principios básicos de este programa. Por lo tanto, se puede escoger enviar el manual a los participantes antes de la capacitación.
- Descargar el tutorial de video lleva tiempo. Este debería ser descargado antes de la sesión.

## *Anexo II*

Analice los datos de las siguientes fuentes:

- <http://indestadistica.sni.gob.ec/QvAJAXZfc/pendoc.htm?document=SNI.qvw&host=QVS@kukuri&anonymous=true><http://indestadistica.sni.gob.ec/QvAJAXZfc/pendoc.htm?document=SNI.qvw&host=QVS@kukuri&anonymous=true&bookmark=Document\BM02>
- Manual\_Basico/PDF/Sistema-ESQUEMA\_CATALOGO.pdf
- Manual\_Basico/PDF/catalogo\_junio\_2013.pdf

En una hoja de papel conteste las siguientes preguntas:

- ¿Del catálogo de objetos nacional, cuántas categorías ha usado y cítelas?
- ¿Cuántos atributos tiene el objeto “CULTIVO”?
- ¿El objeto “CULTIVO” dentro de que categoría y subcategoría se encuentra?
- ¿Qué significa cuando un atributo tiene una extensión de 250?
- ¿Qué tipo de datos puede tener un atributo?

### **Anexo III**

## **Sistemas de Coordenadas y Proyecciones<sup>2</sup>**

### **Objetivo:**

Visualizar cómo el sistema de cuadrulado y proyecciones son usados para elaborar mapamundis bidimensionales a partir de un globo terráqueo tridimensional.

### **Tiempo:**

30 minutos.

### **Materiales:**

Naranja o pomelos grandes, un cuchillo y un marcador permanente para cada participante.

### **Procedimiento:**

1. Indicar a los participantes que dibujen el ecuador alrededor de la mitad de la naranja.
2. Indicar a los participantes que dibujen el Primer Meridiano a partir del lugar donde estaba prendido el tallo de la naranja (este sería el Polo Norte).
3. Indicar a los participantes que dibujen líneas a partir del Polo Norte hacia el Polo Sur de la naranja, de manera que quede dividida en cuatro secciones.
4. Invitar a los participantes a dibujar los continentes.
5. Indicar a los participantes que corten las secciones de la cáscara a lo largo de las líneas y las dispongan unas al lado de las otras en una superficie plana.

---

<sup>2</sup> Desarrollado por: Alix Flavelle para el Kit de Capacitación sobre Manejo y Comunicación Participativos de la Información Territorial, licencia Creative Commons

## Anexo IV

### Entendimiento de los Puntos de Coordenadas<sup>3</sup>

#### Objetivo:

Estudiar el concepto de punto de coordenadas y ser capaz de ubicar un punto en un cuadrículado de un mapa.

#### Tiempo:

45 minutos (30 minutos para el primer ejercicio y 15 minutos para el segundo).

#### Materiales:

Cartulina o papel marcador, lápiz, regla y borrador para cada participante.

#### Procedimiento:

- Invitar a los participantes a cortar 12 trozos de papel y a escribir un número o letra en cada uno - de uno a seis y de A a F.
- Pedir a los participantes que se paren en una pequeña área de terreno afuera y dibujen un cuadrículado de líneas que se crucen entre sí formando ángulos rectos.
- Indicar que seis personas se paren con los números en orden en un lado del cuadrículado al final de cada línea.
- Indicar que otras seis personas se paren con las letras en orden en el otro lado del cuadrículado al final de cada línea.
- Invitar a una persona a caminar hacia el centro del cuadrículado y pararse donde se cruzan dos líneas.
- Indicar al grupo que diga en voz alta la coordenada en la que la persona está parada, por ejemplo, 2-E o 5-B.

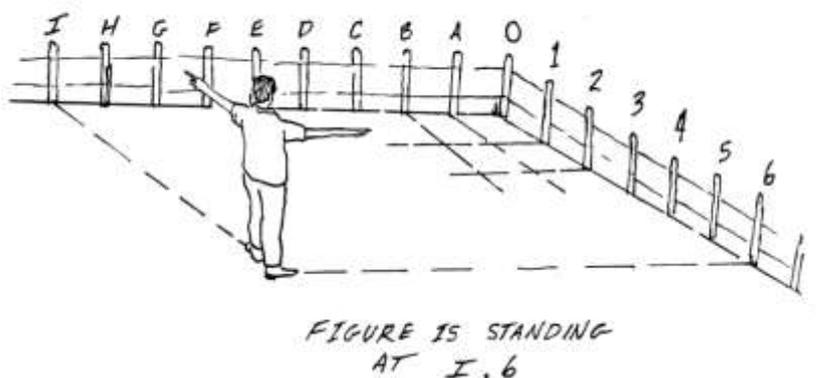
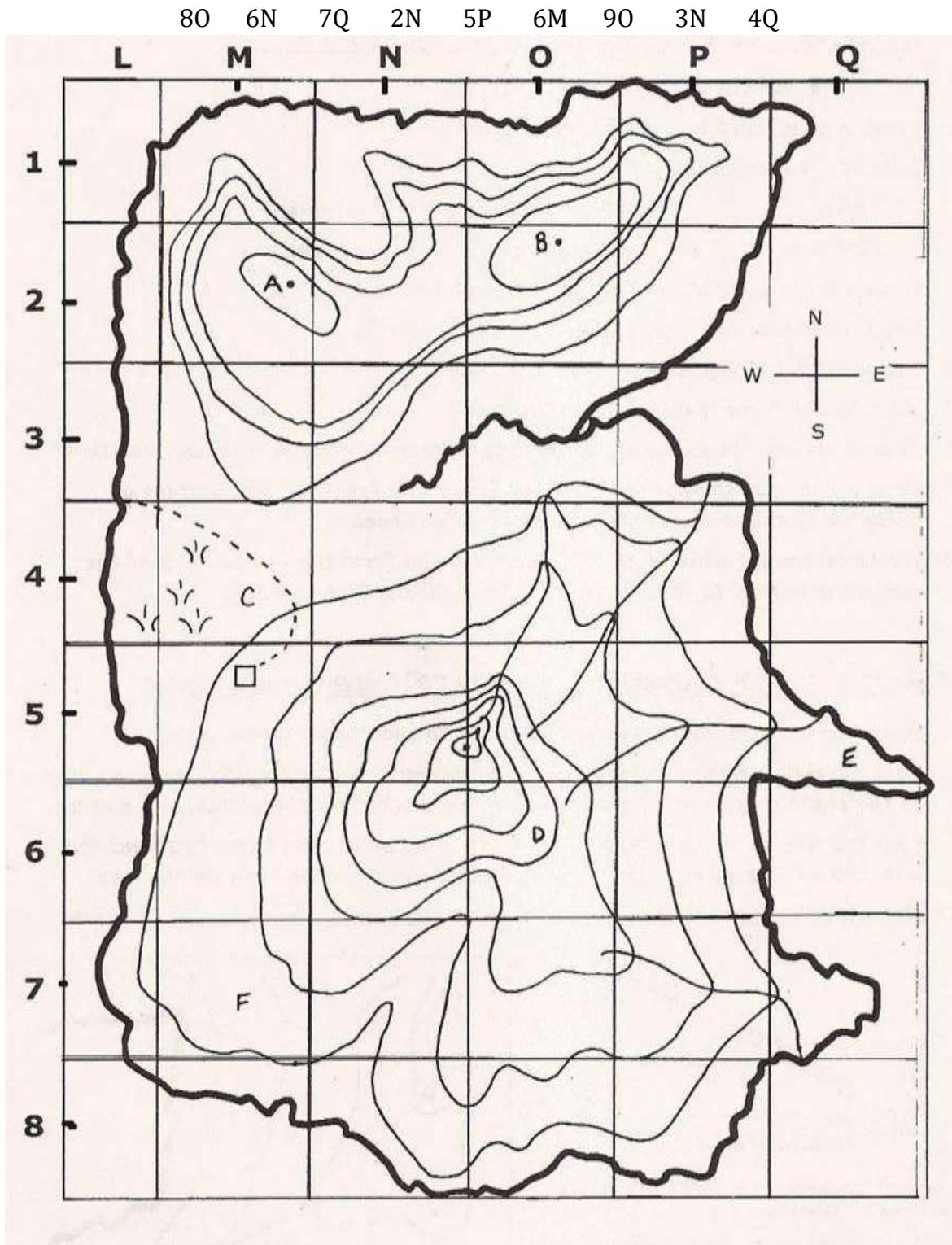


Imagen del Proyecto Berkeley Borneo

<sup>3</sup> Desarrollado por: Alix Flavelle para el Kit de Capacitación sobre Manejo y Comunicación Participativos de la Información Territorial, licencia Creative Commons

- Marcar una "X" en la posición de las siguientes coordenadas en el mapa modelo suministrado a continuación:



### *Anexo V*

Explorar los siguientes sitios web:

- <http://www.ideo.es/>
- <http://geoportal.magap.gob.ec/>
- <http://geoportal.utn.edu.ec/>
- <http://app.seteci.gob.ec/mapa/>

En una hoja de papel conteste las siguientes preguntas:

- En encuentre 5 semejanzas y 5 diferencias entre los diferentes sistema
- ¿Cuál es el propósito principal de cada uno de los sistemas?
- ¿Cuál de los cuatro no es un sistema de información geográfica?